





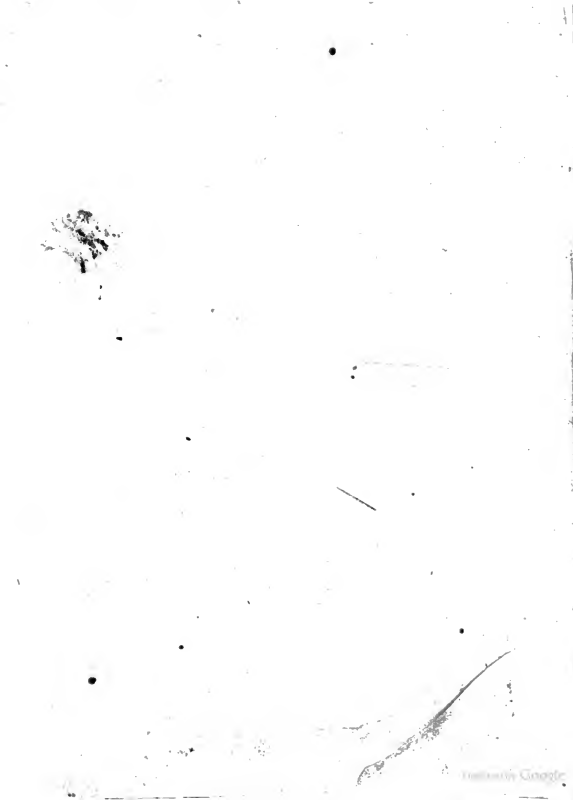
BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio *MAX*  *a* *Palchetto*

Num.° d'ordine *AA 5914*

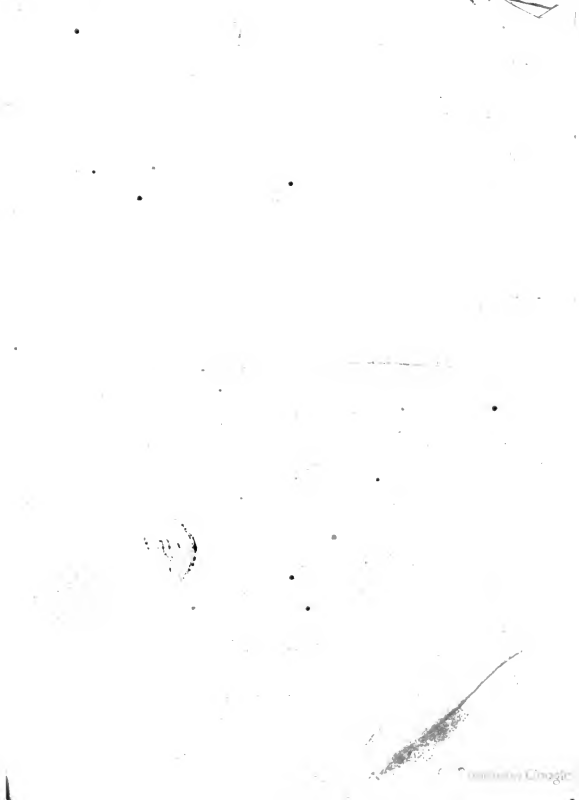
NAZIONALE
B. Prov.
I
1182
VITT. EM. III
POLI





BP

11



607369

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

OU
L'ART DE CONDUIRE,
D'ÉLEVER, ET DE MENAGER,
LES EAUX

POUR LES DIFFERENS BESOINS DE LA VIE.

TOME SECOND.

Par M. BELIDOR, *Commissaire Provincial d'Artillerie.*



A PARIS, QUAY DES AUGUSTINS,

Chez CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire du Roi pour l'Artillerie
& le Génie, au coin de la rue Gille-cœur, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. XXXIX.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

AVANT-PROPOS.



AYANT pû me dispenser de prolonger d'un an le terme auquel devoit paroître ce second Volume, il est juste de rendre compte de ce retardement, en faisant voir que le principal motif a été de mettre cet Ouvrage en état de mériter le sentiment avantageux que le Public semble en avoir conçu.

Quand on est un peu jaloux de sa réputation & délicat sur la précision qui convient au sujet que l'on traite, il ne faut souvent qu'une réflexion judicieuse pour trouver médiocre un Ouvrage qu'on avoit cru digne de quelque considération; alors si l'on est encore en possession de son manuscrit, on s'estime heureux d'être le maître de le supprimer, ou de lui donner une nouvelle forme. Celui de ce Volume étoit entre les mains de l'Imprimeur, & je croyois n'avoir plus rien à y retoucher, lorsqu'une occasion imprévûe me désabusa d'un sentiment, qui paroissoit d'autant plus naturel, que je n'avois rien négligé pour le mettre en état de voir le jour dans le tems prescrit.

Messieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris, ayant appris que j'avois fait des remarques sur les défauts des pompes de la machine appliquée au Pont Notre-Dame, qui fournit l'eau de la riviere de Seine au plus grand nombre des fontaines publiques, me firent l'honneur de m'inviter en 1737 de leur communiquer mes vûes sur la maniere de rectifier cette machine, afin de la rendre capable d'un plus grand produit. Comme, en travaillant au projet qu'on a exécuté, il m'est arrivé de faire plusieurs nouvelles découvertes sur le mouve-

AVANT-PROPOS.

ment des eaux & la perfection des machines propres à les élever, j'ai crû devoir suspendre l'impression de ce Volume afin de les y insérer, & en même tems corriger plusieurs endroits essentiels, fondés sur quelques principes d'Hydraulique, communément reçus, dont j'ai apperçu l'erreur, comme on pourra s'en convaincre.

Ces objets m'ayant paru d'une assez grande conséquence pour ne point avoir de ménagement, je me suis mis au-dessus des murmures qui pourroient naître de la part des Souscripteurs & de mon Libraire, me flattant que le Public équitable approuveroit ma conduite dès que cet Ouvrage paroîtroit, enrichi des augmentations dont je sentoais la nécessité; & pour l'y engager, j'ai accompagné ce Volume de toute la magnificence dont il pouvoit être susceptible.

N'ayant fait dans la Préface du premier Volume qu'une légère mention des sujets qui devoient être traités dans celui-ci; ~~voici ceux que comprennent le troisième & quatrième Livre, selon l'ordre qu'on a crû qui devoit leur convenir.~~

Le troisième Livre est divisé en cinq Chapitres. Le premier commence par une Dissertation sur les propriétés de l'air, déduites d'un grand nombre d'expériences, accompagnées de remarques utiles, servant d'Introduction à la Physique & à la théorie des pompes.

Le second comprend la maniere de calculer la force du vent, & le plus grand effet des différentes machines qui peuvent être mises en mouvement par son action.

Dans le troisième, l'on trouve une description raisonnée des pompes de toutes sortes d'especes, & une théorie étendue sur la maniere d'en calculer exactement l'effet.

Le quatrième comprend la description d'un grand nombre de belles machines exécutées en France & dans les pays étrangers, pour élever l'eau avec des pompes,

AVANT-PROPOS.

mises en mouvement par la force des hommes , des chevaux & des courans , dont on calcule les différens effets dans le cas le plus avantageux , en faisant voir les défauts & les avantages de ces machines , & ce qu'il faudroit faire pour les rendre parfaites.

Le cinquième commence par un discours sur les grands Ouvrages que les Romains ont faits pour la conduite des eaux , suivi d'une description de la machine appliquée au Pont Notre-Dame à Paris , accompagnée des développemens des nouvelles pompes pour la rectifier & des calculs qui en déterminent le produit.

A l'égard du quatrième Livre, il est aussi divisé en cinq Chapitres : le premier commence par la description & le calcul de l'effet d'une machine que j'ai imaginée , qui n'a rien de commun avec toutes celles qui ont été mises en usage jusqu'ici , dont l'objet est de faire que l'eau d'une chute s'élève elle-même à telle hauteur que l'on voudra , sans aucune sujettion ; ensuite on en rapporte quelqu'autres exécutées pour le même objet à Paris & en Angleterre.

Dans le second , l'on examine l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite , & les frottemens qui en retardent la vitesse , d'où l'on déduit toutes les regles qu'il convient de sçavoir sur ce sujet , accompagnées d'un grand nombres d'expériences & remarques utiles.

Le troisième commence par un discours historique sur l'origine & le progrès des machines mues par l'action du feu ; on en rapporte une pour exemple , développée jusques dans ses moindres parties ; on en calcule l'effet , relativement à la force de la vapeur de l'eau bouillante , la résistance de l'atmosphère , & celle du poids de la colonne d'eau qu'on veut élever ; ensuite on rapporte un grand nombre d'autres machines mues par les animaux , & les

AVANT-PROPOS.

courans pour tirer l'eau des mines & des puits fort profonds.

Le quatrième comprend la maniere de rechercher, rassembler & conduire les eaux de source par des tranchées de pierrée, tuyaux, canaux & aqueducs; tout ce qui peut appartenir aux fontaines publiques, pour distribuer l'eau dans les différens quartiers d'une Ville & aux maisons particulieres. La forme la plus convenable aux cuvettes de distribution, pour que la jauge & la répartition de l'eau se fasse judicieusement. Le meilleur emplacement des réservoirs, tuyaux de conduite, robinets, regards & puisfards, avec l'usage qu'on en peut faire pour éteindre les incendies.

Enfin le cinquième & dernier Chapitre de ce Volume renferme tout ce qui convient à la décoration des jardins de plaifance, pour conduire & distribuer avantageusement les eaux jaillissantes, afin qu'elles produisent un agréable effet : la maniere de déterminer les diamètres des tuyaux de conduite, ceux des ajutages, par rapport à la hauteur des jets & à leur dépense. L'on donne des tables fort commodes sur ce sujet, qui dispensent des calculs qu'il faudroit faire sans leur secours, suivis de la construction des bassins, réservoirs & citernes. Ce Chapitre finit par plusieurs regles pour déterminer l'épaisseur qu'il convient de donner aux murs destinés à soutenir la poussée de l'eau.

Ceux qui sçavent ce qu'on a écrit sur l'Hydraulique & sur les machines propres à élever l'eau, conviendront qu'il y a peu de Livres qui se ressentent moins de la compilation que celui-ci, & qui soient plus propres à conduire insensiblement à une parfaite connoissance de la mécanique, par le grand nombre d'exemples différens, auxquels ces principes se trouvent appliqués; mais pour en bien sentir la liaison, il importe extrêmement de recourir

AVANT-PROPOS.

sur le champ aux articles que l'on trouvera cités, qui contribueront à rendre familier tout l'ouvrage qu'on peut regarder comme un cours complet de mécanique & d'Hydraulique.

Je ne dis rien de la peine que m'a donné la composition de la matière, ni des soins de l'exécution des Planches que j'ai fait en sorte de rendre les plus belles qu'il m'a été possible, me trouvant bien dédommagé par l'honneur que le Public a fait au premier Volume, & par l'empressement qu'il a marqué pour celui-ci.

APPROBATION.

J'AI lu par ordre de Monseigneur le Chancelier, le second Volume de l'*Architecture Hydraulique* de M. BELIDOR, qui m'a paru digne de la bonne opinion que le Public en avoit conçue, sur la lecture du premier, les sujets y étant traités avec toute la netteté qu'on peut désirer : il paroît même peu d'ouvrages dont l'utilité soit plus relative aux besoins de la vie, & on ne sauroit trop louer le zèle infatigable de l'Auteur pour le progrès des Sciences. FAIT à Paris ce 23 Février 1739. P L O T.

EXTRAIT des Registres de l'Académie Royale des Sciences.

Du dix-huit Février mil sept cens trente-neuf.

MESSEURS Nicole & l'Acad., qui avoient été nommés pour examiner le second Volume de l'*Architecture Hydraulique* de M. BELIDOR, en ayant fait leur rapport ; la Compagnie a jugé que ce Volume, qui, outre la théorie & la description de plusieurs machines exécutées avec succès, contient quantité de recherches nouvelles pour la perfection des pompes & autres machines Hydrauliques, étant joint au premier, comprend une ingénieuse application des règles de la Mécanique & de l'Hydraulique à un grand nombre de sujets utiles, comme la conduite, distribution & jauges des eaux, &c. que M. Belidor a développés avec beaucoup de netteté. En foi de quoi j'ai signé le présent Certificat. A Paris ce 14 Février 1739. FONTENELLE.

Sec. perp. de l'Ac. Royale des Sciences.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos Amés & Faux Conseillers, les Gens tenants nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenants Civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra. SALUT : Notre très-cher & bien Amé le sieur BERNARD BELIDOR, nostre Conseiller-Commisaires Provincial de nostre Artillerie, & Professeur Royal des Mathématiques aux Ecoles du même Corps, Membre des Académies Royales des Sciences d'Angleterre & de Prusse, correspondant de celle de Paris, nous ayant fait remontrer qu'il auroit composé un Ouvrage qui a pour titre, *Architecture Hydraulique*, qu'il souhaiteroit faire imprimer & graver, & donner au Pu-

blic. s'il Nous plaîtoit lui accorder nos Lettres de Privilège sur ce nécessaires, offrant pour cet effet de le faire imprimer & graver en bon papier & beaux caractères, suivant la feuille imprimée & gravée, & attachée pour modèle sous le contre-scel des Présentes. A ces CAUSES, voulant traiter favorablement ledit Sieur Expofant, & reconnoître en fa personne les services qu'il nous a rendus, & ceux qu'il nous rend encore actuellement, tant dans les fondions de notre Commiffaire Royal de notre Artillerie, que dans celle de notre Profefseur des Mathématiques aux Ecoles du même Corps & autres, & lui donner les moyens de nous les continuer, Nous lui avons permis & permettons, par ces Présentes, de faire imprimer & graver ledit Ouvrage ci-dessus spécifié en un ou plusieurs Volumes, conjointement ou féparément, & autant de fois que bon lui semblera, & de le faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de quinze années consécutives, à compter du jour de la date desdites Présentes : Faisons défenses à toutes sortes de personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient d'en introduire d'impression étrangère dans aucun lieu de notre obéissance, comme aussi à tous Libraires, Imprimeurs & autres d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter, ni contrefaire ledit Ouvrage ci-dessus exposé, en tout ni en partie, ni d'en faire aucuns Extraits sous quelque prétexte que ce soit d'augmentation, correction, changement de titres ou autrement, fans la permission expresse ou par écrit dudit Sieur Expofant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiscation des Exemplaires imprimés, contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, l'autre audit Sieur Expofant, & de tous dépens, dommages & intérêts, à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles : que la gravure & l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, & que l'Impétrant se conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1755. & qu'avant que de l'exposer en vente, le Manuscrit ou Imprimé qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ~~le main de Notre très-cher & féal~~ *le main de Notre très-cher & féal* Chevalier Garde des Sceaux de France, le sieur Chauvelin, & qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothèque, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France, le sieur Chauvelin; le tout à peine de nullité des Présentes, du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Sieur Expofant ou ses Ayans-causes, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement : Voulons que la Copie desdites Présentes qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour dûement signifiée, & qu'aux Copies collationnées par l'un de nos Amés & Féaux Conseillers & Secretaires, soit soit ajoutée comme à l'Original: Commandons au premier notre Huissier, ou Sergent, de faire, pour l'exécution d'icelles, tous Actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires : CAR tel est notre plaisir. DONNE à Paris le dix-septième jour de Septembre, l'An de grace mil sept cens treize-six, & de notre Règne le vingt-deuxième. Par le Roi, en son Coeufil.

SAINSON.

Registre sur le Registre IX de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 378. Fol. 333. conformément au Règlement de 1723. qui fait défense, Art. IV. à toutes personnes de quelque qualité qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter & faire afficher aucuns Livres pour les vendre en leurs noms, soient qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement. & à la charge de fournir les huit Exemplaires prescrits par l'Article CVIII. du même Règlement. A Paris le 18 Novembre 1756.

G. MARTIN, Syndic.

ARCHITECTURE



R. Grand In. sc.

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

Ou l'Art de conduire, d'élever & de ménager
les Eaux pour les différens besoins de la vie.

LIVRE TROISIEME,

Où l'on enseigne la Théorie des Pompes, la maniere de les
mouvoir, & la Description de plusieurs belles Machines
pour élever l'Eau.

CHAPITRE PREMIER.

Des Propriétés de l'Air, servant d'introduction à la Théorie des Pompes.

786.



DEPUIS que les Philosophes ont commencé à
vouloir expliquer les effets de la nature, jusques
vers le milieu du dernier Siècle, ils avoient
attribué à l'horreur du vuide, ce qui n'étoit
qu'un effet de la pesanteur de l'air. Si on leur
demandoit pourquoi en tirant le Piston d'une
Pompe ou d'une Seringue, l'eau monte; ils répondoient, que la
Tome II.

Les An-
ciens attri-
buaient à
l'horreur du
vide, les
effets de la
pesanteur
de l'air.



nature avoit de l'horreur pour le vuide, & que l'eau aimoit mieux monter dans un tuyau dont on a ôté l'air, que de souffrir que cet espace ne fut pas rempli par la matiere. Le célèbre Galilée est le premier qui se soit apperçu que les pompes aspirantes ne pouvoient élever l'eau au-delà de 31 ou 32 pieds, quoique le tuyau en eut 40 ou 50, & que la partie au-dessus de 23 pieds, fut privée d'air grossier; il en tira seulement cette conséquence, que la nature n'avoit de l'horreur pour le vuide, que jusqu'à un certain point, & que l'effort qu'elle fait pour l'éviter est limité.

Toricelly a découvert le premier la pesanteur de l'air, & gale à une colonne de Mercure d'environ 28 pouces.

PLAN. 1.

FIG. 13.

787. *Toricelly* son disciple, & qui lui succéda en qualité de Mathématicien du Duc de Florence, fit ensuite une Expérience qui est devenue fort fameuse. Il prit un tuyau de verre AB de 4 pieds de longueur, scellé hermétiquement par un bout A, qu'il remplit de Mercure, bouchant l'autre avec le doigt, & le mit tremper perpendiculairement dans un vaisseau D, où il y avoit aussi du Mercure. Il fut fort étonné de voir, qu'en ôtant le doigt, le Mercure du tuyau tomba en partie, laissant un vuide AC, & resta suspendu à la hauteur CE d'environ 28 pouces au-dessus de la surface du Mercure contenu dans le vaisseau; il conçut que l'horreur du vuide étoit une chimère, & jugea que l'air devoit avoir de la pesanteur. Cette expérience fut envoyée à Paris en 1644. au Pere *Mersene*, qui la rendit publique; voilà ce qui a donné lieu à toutes celles qui ont été faites par *M. Pascal*, d'où l'on a reconnu que la sphere de l'air pressoit par son poids toute la surface de la terre: il est vrai que nous ne sentons point ce poids, parce que nous en sommes pressés également de toutes parts. Quelques Physiciens ayant calculé quelle étoit la pression de l'Atmosphère sur le corps d'un homme d'une taille ordinaire, ont trouvé qu'elle pouvoit être de 20 milliers de livres.

Raison pourquoy le Mercure se soutient à la hauteur de 28 pouces.

788. Pour rendre raison de l'expérience de *Toricelly*, on fera attention que si le Mercure se soutient environ à la hauteur de 28 pouces, cela vient de ce qu'il n'y a point d'air dans la partie AC du tuyau que le Mercure a abandonné, & que celui de dehors presse la surface du Mercure qui est dans le vaisseau, & non pas celui du tuyau qui se maintient en équilibre avec ce dernier, qui n'est poussé en bas que par l'action de sa pesanteur; ainsi le poids d'une colonne de Mercure de 28 pouces de hauteur, est égal à celui d'une colonne d'air de même base, & qui auroit pour hauteur celle de l'Atmosphère.

Preuve que l'élevation du Mercure

Pour être convaincu que l'élevation du Mercure dans le tuyau est un effet du poids de l'air, on n'a qu'à le porter avec le vaisseau,

où il trempe dans un lieu profond ; on verra le Mercure s'élever sensiblement au-dessus de 28 pouces, parce que la colonne d'air étant plus haute, par conséquent plus pesante, est capable de soutenir en équilibre un plus grand poids de Mercure : il arrive le contraire lorsqu'on porte cette Machine au sommet d'une montagne fort élevée ; à mesure que l'on monte, l'on voit descendre le mercure du tuyau & se mêler avec celui du vaisseau.

dans un tuyau vient de la pesanteur de l'air.

Lorsqu'on dit qu'une colonne de Mercure de 28 pouces de hauteur est en équilibre avec la pesanteur moyenne de l'air, on suppose le Baromètre placé au niveau de la surface des eaux de la mer, qui étant partout également éloignée du centre de la terre, doit être regardée comme un point fixe pour déterminer ce qui est plus élevé ou plus bas.

789. Pour mieux faire connoître ces différences, on a exprimé par la Figure dix-septième les expériences qui furent faites à Clermont en Auvergne par un parent de M. Pascal : il y a proche cette Ville une montagne de 500 toises de hauteur, nommée *le Pui de Domme*, où l'on fit en même tems trois Observations : la première A dans un jardin de Clermont, le mercure se trouva dans le tuyau à 26 pouces 3 lignes $\frac{1}{2}$; la seconde B environ au tiers de la côte, le mercure se trouva dans le tuyau à 25 pouces de hauteur, étant descendu, en montant, de 15 lignes $\frac{1}{2}$; la troisième C au sommet de la montagne où le mercure ne s'est plus trouvé qu'à la hauteur de 23 pouces 2 lignes, étant descendu en tout de 3 pouces 1 ligne $\frac{1}{2}$.

Expérience faite proche Clermont en Auvergne.

FIG. 17.

790. Ce que nous venons de voir de l'équilibre du mercure avec la pesanteur de l'air, doit s'entendre de toutes les autres liqueurs ; une colonne d'eau, par exemple, se mettra aussi en équilibre avec une colonne d'air ; mais comme une certaine quantité d'eau pèse 13 fois $\frac{1}{2}$ moins qu'une égale quantité de mercure (343) il faut qu'une colonne d'eau de même base, soit 13 fois $\frac{1}{2}$ plus haute qu'une colonne de mercure de 28 pouces, c'est-à-dire qu'elle ait à peu près 31 pieds 8 pouces ; mais l'on compte ordinairement sur 32 pieds.

L'air est en équilibre avec une colonne d'eau de 32 pieds deux tiers de hauteur.

L'aspiration pour l'élevation de l'eau dans les tuyaux qui y trempent, se fait comme on le voit dans la Figure douzième en tirant un piston B de bas en haut tout d'une venue, en commençant de son extrémité E, d'où l'on chasse l'air par plusieurs coups de piston, comme nous le ferons voir dans le Chapitre troisième ; alors l'eau monte & suit le piston jusqu'à la hauteur CD, de 31 ou 32 pieds, selon l'état où se trouve l'air ; & si l'on tire le piston plus haut que cette elevation, l'eau ne le suit plus, & l'intervalle CB qui

De quelle manière l'eau monte par aspiration.

FIG. 12.

Aij

4 ARCHITECTURE HYDRAULIQUE; LIVRE III.

est entre-deux, reste vuide, c'est-à-dire privé d'air grossier; ce qui vient encore un coup de ce que l'air extérieur presse la surface FG de l'eau où trempe le tuyau, qui ne trouvant d'autre issue pour s'échapper de la contrainte où elle est, que le vuide que le piston a causé dans le tuyau, y monte tant que l'action du poids de l'air a de force pour l'y soutenir, après quoi l'un & l'autre se maintiennent en équilibre.

*Maniere de
connoître la
pesanteur
de l'Atmos-
phere.*

791. Prévenu de la hauteur où se trouve une colonne d'eau, quand elle est en équilibre avec l'air; il sera aisé de juger de la pesanteur de l'air dans l'état où il est alors; car si la colonne d'eau, a par exemple 31 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur, & pour base un pied carré, elle sera de 31 pieds $\frac{1}{2}$ cube; & comme le pied cube pèse 70 lb, (340) l'on peut dire que la colonne d'air pèsera alors 2205 lb.

*Maniere de
connoître la
pesanteur
d'un certain
volume
d'air.*

792. Si l'on a un Baromètre au pied d'une montagne, & que le mercure y soit suspendu à la hauteur de 28 pouces, il est évident que le poids de toute la colonne d'air sera égal à celui de 28 pouces de mercure. Si l'on porte ensuite le Baromètre à 10 toises plus haut, & que le mercure à cette hauteur soit descendu d'une ligne, comme cela arrivera en effet, la colonne restante qui ne sera plus que de 27 pouces 11 lign. sera en équilibre avec celle de l'air dont la base répond à 10 toises au-dessus de l'horison; par conséquent le poids de la ligne dont le mercure est descendu, est égal à celui d'une colonne d'air de 10 toises de hauteur au pied de la montagne, qui auroit pour base celle qu'a le mercure dans le tuyau. Si l'on fait une seconde observation à 10 toises au-dessus de la première, & que le mercure y soit descendu de $\frac{1}{2}$ de ligne, par exemple, on pourra conclure que la colonne d'air qui répond à cette hauteur, est égale au poids du mercure suspendu dans le Baromètre, c'est-à-dire de 27 pouces 10 lignes $\frac{1}{2}$ de ligne, & que le poids de la colonne d'air de 10 toises de hauteur, comprise entre la première & seconde observation est de $\frac{1}{2}$ de ligne. On pourra donc avec cet instrument mesurer le poids d'un même volume d'air à 60 pieds de hauteur, pris à différentes distances de la terre, & connoître le rapport du poids d'un volume d'air donné à celui d'un pareil volume d'eau. Comme un pied cube de mercure pèse moyennement 946 lb, (343) divisant ce nombre par 144, il viendra 6 lb 9 onces pour le poids d'une ligne de mercure, qui auroit un pied carré de base; par conséquent pour celui d'une colonne d'air de même base, & dont la hauteur seroit de 60 pieds: divisant encore 6 lb 9 onces par 60, il viendra une once 6 dragmes pour la pesanteur d'un pied cube de cet air, en le supposant uni-

forme sur la hauteur de 10 toises. Si l'on veut sçavoir le rapport de la pesanteur de l'air à celle de l'eau, il n'y aura qu'à réduire 70 lb pesanteur d'un pied cube d'eau en dragmes, on en trouvera 8960; & comme le pied cube d'air pèse 14, on pourra donc dire que la pesanteur est à celle de l'eau, comme 14 est à 8960, ou comme 1 est à 640.

793. Messieurs Mariotte & Homberg ont fait ensemble plusieurs expériences en 1683 sur ce sujet, & ils ont trouvé que le poids de l'air est à celui de l'eau, comme 1 est à 630; depuis plusieurs Sçavans ont aussi cherché ce rapport, mais ils ne se sont pas toujours parfaitement rencontrés, parce que l'air se dilatant par la chaleur, & se condensant par le froid, un même espace en comprend plus ou moins dans un tems que dans l'autre; mais si l'on n'a point égard à ses variations, on peut conclure qu'il est 640 ou 630 fois plus rare ou plus dilaté que l'eau.

Au sujet des différentes hauteurs du mercure dans le Baromètre, selon les différentes températures de l'air, il paroît bien surprenant de voir que quand l'air est fort chargé de vapeurs & prêt à pleuvoir, le mercure descend, lorsqu'il semble que la colonne d'air qui pèse immédiatement sur le mercure du bout du tuyau qui est ouvert, doit être la plus pesante; & qu'au contraire le mercure s'élève au plus haut, quand l'air devient pur & serein.

794. M. Leibnitz attribue la descente du mercure du Baromètre quand il doit pleuvoir, à une cause fort naturelle, & qui me paroît plus satisfaisante que toutes les hypothèses qui sont venues à ma connoissance. Pour l'entendre, il faut se rappeler ce qui a été dit dans l'article 630, qu'un corps étranger qui est dans une liqueur, fait partie de son poids tant qu'il y surnage; mais que dans le moment qu'il descend, son poids ne fait plus entièrement partie de celui de la liqueur, laquelle vient par-là à peser moins sur le fond du vaisseau qui la soutient.

*Explication
des variations
du Baromètre.*

De même, tant que les parcelles imperceptibles de l'eau, en une quantité prodigieuse, sont soutenues dans l'air, elles en augmentent le poids qui presse alors davantage la surface des corps, sur lesquels il s'appuye, & voilà ce qui fait que le mercure du Baromètre est contraint de monter; mais aussi-tôt que les parcelles de l'eau sont en assez grand nombre pour acquérir une pesanteur au-dessus de celle de l'air qui les soutient, elles descendent, se joignent plusieurs ensemble, forment des gouttes, qui venant à tomber, cessent de faire une aussi grande partie du poids de l'air, qui ne pressant plus avec autant de force la surface des corps sur les-

quels il s'appuie, le mercure descend; sur quoi il est à remarquer; que comme il arrive souvent que les parcelles de l'eau les plus élevées, en tombant fort lentement, mettent un tems considérable avant que de se joindre aux inférieures, la pesanteur de l'air diminue avant qu'il pleuve, & le Baromètre prédit le tems qu'il doit faire.

*L'air a du
ressort, &
peut être
condensé.*

795. Une des principales propriétés de l'air, est de pouvoir être extrêmement condensé, & de conserver toujours une vertu de ressort, par laquelle il fait effort pour repousser les corps qui le pressent, car l'air qui répond à la surface de la terre, est fort éloigné d'être dans son état naturel, étant chargé du poids de toute l'atmosphère, il est plus condensé que celui qui est le plus élevé. Pour donner une idée de ceci, supposons un grand amas de laine cardée, d'une hauteur considérable; il est constant que la laine qui est en bas étant chargée du poids de toute celle qu'elle porte, ne fera pas si étendue que celle qui est au sommet; c'est pourquoi celle de dessous fera autant d'effort pour se remettre dans son état naturel, que celle dont elle est chargée en fait pour la comprimer. L'air est précisément dans le même cas à quelque hauteur qu'on le prenne; la colonne qui est dessous une Table, par exemple, fait autant d'effort pour l'enlever de bas en haut, que celle qui est dessus la Table en fait de haut en bas pour la presser; autrement si les deux colonnes n'étoient point en équilibre, & que l'action de la supérieure pût agir seule, la table ayant seulement 20 pieds quarrés de superficie, seroit chargée d'un poids de plus de 44000 lb, qu'elle ne pourroit soutenir sans se rompre; de même les toits des Maisons & les planchers des appartemens ne résisteroient jamais au poids immense dont ils sont chargés, s'ils ne se trouvoient toujours entre deux colonnes d'air, dont celle de dessous est en équilibre par son ressort avec celle qui la presse.

*Le ressort
de l'air agit
en tout sens
avec une
force égale.*

Il est à remarquer, que le ressort de l'air agit en tout sens avec une égale force, de même que les liqueurs: (343) que cette force étant toujours égale au poids de la colonne d'air correspondante, ou au poids d'une colonne de mercure équivalente, qui auroit la même base, & pour hauteur environ 28 pouces, où à une colonne d'eau de 32 pieds, l'on connoitra toujours la force de ce ressort, qui sera égale au poids de cette colonne dont la base est déterminée par la surface du corps contre lequel il agira: par exemple, l'air naturel renfermé dans une caisse cubique, dont chaque face auroit intérieurement un pied quarré, poussera chacune de ces faces pour les separer avec une force de ressort équivalente à 2205 lb, lorsque le Baromètre est à sa hauteur moyenne; & les separoit

En effet si l'air de dehors étoit anéanti, ou que son ressort fut beaucoup moindre que celui de dedans, ainsi à l'avenir nous prendrions indifféremment la pesanteur de l'air pour exprimer la force de son ressort, ou son ressort pour sa pesanteur. Quand on sera dans un lieu plus élevé ou plus bas que le niveau de la mer, l'on pourra toujours juger à peu près de la force du ressort de l'air en cet endroit par l'élevation du Baromètre qu'on y aura porté.

796. Prévenu de la pesanteur & du ressort de l'air, il est aisé d'expliquer plusieurs effets de la nature, que les Anciens attribuoient à l'horreur du vuide : par exemple, l'expérience fait voir que si l'on a deux corps fort polis, comme deux glaces de miroir, appliquées l'une contre l'autre, & qui se touchent dans toutes les parties de leurs surfaces, on trouve beaucoup de difficulté à les separer parce que n'y ayant point d'air entre-deux, dont le ressort puisse faire équilibre avec la colonne qui presse par son poids les deux corps, il faut surmonter la pesanteur de toute la colonne, qui auroit pour base la surface qui touche l'autre.

La force du ressort de l'air est cause de la difficulté qu'on éprouve à separer deux corps polis.

FIG. 1.

De même, si l'on a un soufflet fermé, dont le canon & la soupape soient bien bouchés, & qu'on attache une des ailes contre une surface verticale ou horizontale ; on ne peut ouvrir le soufflet, c'est-à-dire écarter l'autre aile de la précédente, sans surmonter la résistance d'une grande partie de la colonne d'air, qui auroit pour base une des ailes du soufflet ; car comme il ne reste dans l'ame que très-peu d'air lorsqu'on enfle le soufflet, celui dont il veut occuper la place ne pouvant rentrer dans la capacité intérieure, résiste avec une force qu'on auroit peine à croire si l'expérience ne le confirmoit.

Raison pour quoi on ne peut ouvrir sans un grand effort un soufflet dont toutes les ouvertures sont bouchées.

FIG. 15. & 16.

797. Pour expliquer comment la pesanteur de l'air fait passer l'eau d'un vaisseau dans un autre à l'aide d'un Siphon, il faut être prévenu que le vaisseau D où il y a de l'eau, doit être un peu plus élevé que l'autre E où elle doit se rendre ; & que le Siphon A qui n'est autre chose qu'un tuyau de cuivre ou de fer-blanc, a une de ses branches B plus courte que l'autre C. Pour en faire usage, on remplit le Siphon avec de l'eau afin d'en chasser l'air ; ensuite on en bouche les deux trous bien exactement, on retourne le Siphon mettant la plus courte branche tremper dans le vaisseau D, & on la débouche dans l'eau même ; on débouche aussi l'autre C, alors on voit toute l'eau d'un vaisseau passer dans l'autre, ce qui vient de ce qu'il y a plus de hauteur d'eau dans la branche C que dans l'autre B : car d'abord l'air agit de part & d'autre pour faire monter l'eau plus haut que le sommet A du Siphon, mais il est repoussé avec plus de force par l'eau de la branche C, que par celle de

Que la pesanteur de l'air est cause de la propriété du Siphon.

FIG. 14.

8 ARCHITECTURE HYDRAULIQUE, LIVRE III.

l'autre B, quoique la colonne d'air qui répond à la branche C; soit un peu plus haute que celle qui agit sur la branche B; mais comme la différence de ces deux colonnes, est un trop petit objet pour mettre une inégalité sensible dans leur pesanteur, la branche B ayant 12 pouces par exemple, & l'autre C 13, la différence des deux colonnes d'eau sera d'un douzième de leurs hauteurs; alors l'on voit que l'eau de la branche B, par rapport à son poids, sera plus poussée en haut par l'air, que l'eau de la branche C ne le sera par rapport au sien; ainsi l'eau de cette dernière descendra, & celle de l'autre trouvant à s'introduire dans le tuyau, sera contrainte d'y passer tant qu'il y en aura dans le vaisseau supérieur, pour s'aller rendre dans l'inférieur: ce qui arrivera avec toute sorte de Siphon de quelque grandeur qu'on les fasse, pourvu que la plus courte branche soit au-dessous de 30 ou 31 pieds.

*Expérience
familière
pour prou-
ver la force
du ressort de
l'air.*

FIG. 10.

798. Voici encore une petite expérience pour prouver la pesanteur de l'air, ou si l'on veut la force de son ressort que tout le monde est à portée de faire; on remplit un verre de liqueur tant qu'elle surmonte les bords; & l'ayant couvert d'un morceau de papier mouillé que l'on presse avec la main pour l'appliquer juste contre les bords; on le renverse dans cet état la patte en haut, alors on voit le papier soutenir la liqueur contenue dans le verre, sans qu'il s'en répande une goutte, parce que l'air presse de bas en haut le papier avec plus de force que la liqueur n'en a pour descendre.

*Description
de la Ma-
chine Pneu-
matique.*

FIG. 2.

799. La machine du vuide que l'on nomme Pneumatique, est trop utile dans les expériences Physiques, pour ne point en donner la description, ne voulant rien laisser à deviner à ceux qui n'ont point vu cette machine. Elle est composée d'une *tablette* de cuivre ABC, qui peut avoir 10 à 12 pouces de diamètre, soutenue horizontalement par trois *branches* de fer E, qui aboutissent à un *cercle* FG qui embrasse le corps d'une *Seringue* FGHI; cette *Seringue* traverse un *Plateau* de bois KL, avec lequel elle est bien attachée, le tout soutenu par trois *pieds* M, entretenus ensemble par des *branches de fer*, qui se réunissent à un *cercle* N pour plus de solidité.

Le *Piston* de la *Seringue* se fait quelquefois de bois entouré de filasse, ou de plusieurs rondelles de cuir, mêlées de feutre, pressées ensemble comme un talon de soulier; le piston est attaché à une *tige* de fer OP, à l'extrémité de laquelle est un *écruet* S, servant à passer le pied dans le tems de l'aspiration.

FIG. 4. 5.
& 6.

A la tête de la *Seringue* est attaché un *Robinet V* de cuivre, fermé

mé par une *Clef y*; cette clef est percée au travers, comme celles des fontaines ordinaires, & à égale distance des deux extrémités du trou. Sur la surface de la clef d'un côté seulement, est une *renure* ou fente *A*, d'une demie ligne de largeur sur une ligne de profondeur.

La tablette *AC* est percée dans le milieu par un trou *X*, soudé avec l'orifice d'un petit tuyau, dont l'autre bout répond au robinet; on applique sur la tablette un morceau de *cuir* mouillé sur lequel on pose une cloche de verre *Z*, nommé *réceptif*, dont voici l'effet.

800. Supposant que le piston *Q* touche immédiatement la tête de la Seringue, on tourne la clef *y* pour laisser libre la communication du réceptif & de la Seringue; alors l'air grossier qui étoit dans le corps de la Seringue en ayant été chassé, celui du réceptif trouvant à se dilater, se répand dans le corps de la Seringue; de sorte que si l'on suppose pour un moment que la capacité de la Seringue soit égale à celle du réceptif, occupant un espace double, il est une fois plus dilaté, ou si l'on veut une fois moins condensé, que celui que nous respirons, puisqu'il n'en peut pas être rentré d'autre. Quand le piston est en bas, on tourne la clef *y* d'un autre sens pour interrompre la communication du réceptif & de la Seringue; alors si l'on retire le pied de l'étrier *S*, le ressort de l'air extérieur pousse le piston de bas en haut, le fait remonter jusqu'à la moitié du chemin qu'il a fait en descendant, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'air de la Seringue soit réduit au même degré de condensation que celui de dehors; & si l'on pousse la tige du piston pour le faire monter vers la tête de la Seringue, l'air du corps de la Seringue deviendra plus comprimé que celui du dehors, & sortira par la petite fente *A* qui est à la clef *y*; si l'on tourne de nouveau la clef d'un autre sens, & que l'on fasse descendre le piston, l'air qui étoit resté dans le réceptif, se dilatera encore une fois davantage, & n'aura que le quart du ressort qu'il avoit dans son état naturel. Répétant plusieurs fois la même manœuvre, on parviendra à ôter du réceptif la plus grande partie de l'air grossier; car il ne faut pas compter sur un vuide parfait: tout ce que l'on peut faire est d'augmenter de plus en plus la dilatation par un plus grand nombre de coups de piston.

801. Pour connoître après un certain nombre de coups de piston déterminé, de combien l'air qui est resté dans le réceptif, est plus dilaté que celui qu'on y avoit renfermé, il faut faire attention que la dilatation de l'air renfermé dans le réceptif quelle qu'elle soit, est toujours à la dilatation de celui qui y reste immédiatement après chaque

*Manière de
connoître à
quel point
l'air est dilaté dans la*

machine
pneumati-
que.

coup de piston, comme la capacité du récipient est à celle de la Seringue & du récipient pris ensemble, d'où il suit que la dilatation de l'air augmente après chaque coup de piston selon que croissent les termes d'une progression géométrique, dont le rapport des termes, seroit comme la capacité du récipient à celle de la Seringue & du récipient pris ensemble.

Nommant a , la capacité du récipient; b , celle de la Seringue & du récipient; l'on aura $\div a, b^1, \frac{b^2}{a}, \frac{b^3}{a^2}, \frac{b^4}{a^3}, \frac{b^5}{a^4}$, dont les expo-

sans des numerateurs de chaque terme, représentent le nombre des coups de piston, tandis que les termes expriment la dilatation de l'air resté dans le récipient. Mais l'on sçait que l'on peut trouver tel terme que l'on voudra d'une progression géométrique, dès que l'on connoit les deux premiers; par exemple, pour avoir celui qui répond au quarantième coup de piston, j'éleve le premier & le second terme à la quarantième puissance, & nommant x , celui qu'on cherche, l'on aura $a^{40}, b^{40} :: a, x$; & si au lieu de a , l'on prend l'unité pour exprimer l'air naturel renfermé dans le ré-

cipient, la proposition sera $a^{40}, b^{40} :: 1, x$, qui donne $\frac{b^{40}}{a^{40}} = x$. Si l'on suppose que la capacité du récipient soit sextuple de celle de la Seringue, leur rapport sera comme 6 est à 1, par conséquent l'on aura $a = 6, b = 6 + 1 = 7$. Pour connoître la valeur de x ou de $\frac{b^{40}}{a^{40}}$, il faut se servir des logarithmes, afin d'abreger le calcul

qui deviendroit fort pénible s'il falloit élever le nombre 6 & 7 à la quarantième puissance; je suppose donc que m est le logarithme de $6 = a$, & que n est le logarithme de $7 = b$, alors on aura

$40 \times n - 40 \times m = x$ au lieu de $\frac{b^{40}}{a^{40}} = x$; c'est-à-dire qu'il faut pren-

dre dans les tables les logarithmes des nombres 7 & 6, qui sont 8450980, & 7781512, & multiplier leur différences, qui est 669468 par 40; pour avoir 26778720, qui est le logarithme du nombre que l'on cherche, qui répond à 476; on aura donc $a^{40}, b^{40} :: 1, 476$, qui fait voir qu'après le quarantième coup de piston, l'air du récipient sera 476 fois plus dilaté que celui qu'on y avoit enfermé.

802. Quand on connoitra le rapport de la capacité du récipient, à celle de la Seringue, on pourra aussi trouver combien il faudra donner de coups de piston, pour dilater l'air du récipient jusqu'à un certain point déterminé: par exemple on demande de le dilater 476 fois plus qu'il ne l'est dans son état naturel; je nom-

Trouver le
nombre de
coups de
piston qu'il
faut donner
pour dilater
l'air jusqu'à

me x , le nombre de coups de piston qu'il faudra donner; d , la quantité de fois dont on veut que l'air soit plus dilaté que celui que nous respirons; je suppose encore $a=6$, & $b=7$; la question se réduit à trouver l'exposant d'une proportion semblable à celle

un certain
point déter-
miné.

de l'article précédent; car l'on aura $a^x, b^x :: 1$, ou $\frac{b^x}{a^x} = d$; or si

à la place des quantités a, b, d , l'on prend leurs logarithmes, que je suppose exprimés par m, n, p ; on aura $xm - xn = p$,

au lieu de $\frac{b^x}{a^x} = d$, ou $x = \frac{p}{m-n}$ ou $x = \frac{16778710}{84,0582-771112}$ ou $x = \frac{167-8710}{869468} = 40$, qui fait voir qu'il faut diviser le logarithme de

476, (c'est-à-dire du nombre qui exprime la quantité de fois dont on veut que l'air soit plus dilaté qu'il ne l'est naturellement) par la différence des deux logarithmes des nombres qui expriment, l'un la capacité du récipient, & l'autre celles du récipient & de la seringue, prises ensemble.

803. De même si l'on vouloit ne dilater l'air du récipient que cent fois plus qu'il ne l'est naturellement, supposant $d=100$; nous aurons encore en prenant le logarithme de ce nombre, qui est

20000000, $x = \frac{10000000}{8450910-771112} = 32$, qui fait voir qu'il faut donner environ 32 coups de piston.

L'on verra par la suite, combien il importe, pour se servir avec exactitude de la machine du vuide, de sçavoir à quel point on a dilaté l'air dans une expérience plus ou moins que dans l'autre, afin d'en pouvoir faire le rapport; au reste je ne me suis point arrêté à donner une description fort exacte de cette machine, parce qu'on la trouve dans plusieurs Auteurs, principalement dans le Livre des Expériences Physiques de M. Poliniere, qui en rapporte toutes les dimensions. Voici quelques Expériences qui pourront donner une idée de la manière dont se font les autres.

804. Si l'on met un petit animal sous le récipient, à mesure qu'on en pompe l'air, on le voit tomber en défaillance; parce que celui qu'il a dans les poulmons & dans le sang, cessant d'être en équilibre avec celui qu'il a coutume de respirer, se dilate & empêche que la circulation du sang ne se fasse comme à l'ordinaire. Si l'on continue à dilater l'air encore davantage, l'animal meurt: & si l'on a soin de compter le nombre de coups de piston que l'on a donné pour le faire mourir, l'on peut trouver ensuite par le calcul, de combien il a fallu que l'air fut dilaté pour qu'il cessât d'être respirable pour cet animal. Mais il faut remarquer

Pourquoi
un animal
meurt dans
le récipient
lorsqu'on en
a dilaté
l'air.

que comme l'air que l'on renferme sous le récipient, n'est pas toujours le même, pouvant se trouver plus ou moins condensé, une fois que l'autre; l'on ne peut comparer la dilatation qui a servi à cette expérience, ou à toute autre, qu'avec l'état de l'air naturel dans le moment où s'est fait l'expérience; à moins qu'on ne se serve du *Manometre*, qui est un instrument imaginé par M. *Parignon*, avec lequel on mesure les différens degrés de la dilatation de l'air en différens tems, & qui fait connoître non-seulement combien l'air primitif qu'on a renfermé dans la machine, aura été dilaté par un certain nombre de coups de piston; mais encore de combien un air primitif qu'on y auroit enfermé dans un certain tems, auroit été plus ou moins rarefié de lui-même, que celui qu'on y auroit enfermé dans un autre tems, ce qui donne un moyen infallible, de comparer les expériences qui demanderoient une grande précision. Car comme le remarque M. de *Fontenelle* * en parlant du *Manometre*, il ne faut pas compter que le Barometre, ni le Thermometre puissent servir en pareils cas; parce que le premier marque la rarefaction qui vient du poids de l'atmosphère, & l'autre celle qui vient de la chaleur; & comme ces deux causes agissent toutes deux ensemble, & se modifient l'une l'autre, elles mettent l'air dans un degré de rarefaction, qui n'est ni celui que marque le Barometre, ni celui que marque le Thermometre. Il faut donc avoir un troisième instrument qui puisse marquer le degré de rarefaction de l'air, tel que le produisent à chaque moment les deux causes différentes qui ont part à cet effet, & qui puisse faire dans le même tems les fonctions des deux autres.

* Mémoires
de l'Académie
1705.

Manière
de se servir
du Baromé-
tre pour di-
later l'air
du récipient
jusqu'à un
certain
point déter-
miné.

805. L'on peut encore dilater l'air du récipient, jusqu'à un certain point déterminé, d'une manière très-simple, en se servant d'un Barometre disposé exprès; car le poids de l'atmosphère étant en équilibre avec une colonne de Mercure de 28 pouces; si le même air étoit une fois plus dilaté, que dans son état naturel, il ne soutiendrait qu'une colonne de 14 pouces, & qu'une de 7, s'il étoit quatre fois plus dilaté que de coutume. Comme on ne peut se servir du Barometre ordinaire, à cause qu'il est trop grand, pour être mis sous le récipient, on pourra en faire un dont la hauteur ne sera que de 8 pouces, tout rempli de mercure, divisant comme à l'ordinaire, en un nombre de parties égales, la hauteur de 7 pouces. On pompera l'air tant que le mercure soit à la hauteur de 7 pouces au-dessus de celui de l'orifice, alors il sera quatre fois plus dilaté que dans son état

moyen, & continuant de pomper, on le dilatera selon telle proportion qu'on voudra, au-dessus du précédent, en observant les divisions marquées le long du tuyau; si l'on continue à pomper tant que le mercure approche d'être de niveau de part & d'autre, l'on verra sensiblement combien il faut donner de coups de piston pour évacuer tout l'air grossier.

806. Si l'on a une bouteille, où il y ait du mercure jusqu'à la hauteur AB, & un tuyau EF, ouvert par les deux bouts, dont l'un trempe dans le mercure jusques vers le fond, & que la surface du tuyau & le goulet de la bouteille soient intimement unis, de façon que l'air ne puisse sortir de la bouteille; lorsque celui du récipient se dilate, on voit le mercure s'élever dans le tuyau par la force du ressort de l'air qui est dans la bouteille, qui cherchant à se dilater aussi, presse la surface du mercure, qui ne l'étant plus à l'endroit du tuyau, est contraint de s'élever, tant que l'un & l'autre soient en équilibre.

807. Si l'on y met de la *poudre à canon*, & qu'on l'allume au travers le récipient par le moyen d'un *verre ardent*; au lieu de s'enflammer avec détonation, elle ne fait que se fondre & bouillonner, parce que tandis que le salpêtre & le soufre se fondent par la chaleur, l'air qui étoit renfermé dans les grains, se raréfie, s'échappe & cause le bouillonnement, ce qui prouve manifestement, comme je me suis appliqué à l'insinuer dans le Bombardier François; que la poudre enflammée n'est qu'un feu qui a la propriété de mettre l'air en action, & de débâter son ressort avec beaucoup de promptitude, & qu'il n'y a que l'air ainsi raréfié qui produit tous les effets qu'on attribue uniquement à la poudre, mais fort mal à propos, puisqu'elle cesse d'agir aussi-tôt que les molécules de l'air lui manquent. Comme l'air a plus ou moins de ressort, selon qu'il est plus ou moins raréfié, & que la chaleur, le froid, l'humidité y causent continuellement des changemens considérables, il n'est pas étonnant que la même poudre produise tant d'inégalités dans ses effets, puisqu'elle se ressent nécessairement de toutes les variations de l'air. C'est pourquoi les expériences qui ont rapport à l'artillerie, ont besoin d'une précision bien au-dessus de celle qu'on y apporte ordinairement, puisqu'on ne peut connoître, de quelle part naissent les changemens qui surviennent, qu'en observant même tems ceux qui arrivent à l'air; de sorte qu'à le bien entendre, on peut dire que l'art de jetter des bombes, devient l'objet non-seulement d'une Géométrie au-dessus des principes communs, mais encore d'une physique très-délicate.

La Poudre à Canon ne fait point d'effet dans la machine pneumatique.

Un certain
volume
d'air pèse
plus en hy-
ver qu'en
été.

FIG. 3.

808. On se sert aussi de la machine du vuide, pour connoître la pesanteur d'un certain volume d'air, afin de la comparer à celle d'un pareil volume qui seroit plus ou moins dilaté; on prend un *balon* de verre ou une bouteille, dont on adapte bien le goulet avec le tuyau de la seringue, afin d'en pomper l'air, comme l'on vuide celui du récipient; & après qu'on en a affoibli le ressort autant qu'il est possible, on ferme le tuyau, & on le sépare de la seringue; on pèse la bouteille en cet état dans des balances fort justes, après quoi on ouvre le tuyau pour laisser rentrer l'air naturel, on pèse encore le tout une seconde fois, la différence des deux poids donne celui de l'air grossier de la bouteille, dont il est aisé de connoître le volume par le poids de la quantité d'eau qu'elle peut contenir (626). C'est ainsi que M. Homberg a trouvé par des expériences faites avec beaucoup d'exactitude, qu'un pied cube d'air pèsait en été 7 gros 9 grains, & en hyver 14 gros, & environ 19 grains; c'est-à-dire un peu plus d'une once, six gros, qui est le même poids que nous avons trouvé par le calcul du Barometre dans l'article 792; ainsi l'on peut conclure, qu'en France l'air ne pèse en été que la moitié de ce qu'il pèse en hyver. Une si grande différence vient selon M. Homberg, d'un plus grand mouvement de la matiere subtile qui produit une chaleur plus grande, & sépare en été les molleculles de l'air les unes des autres, & leur donne un moyen de déployer leur ressort; au lieu qu'en hyver y ayant une moindre quantité de cette matiere répandue dans l'air, ou celle qui s'y trouve ayant moins de mouvement, les molleculles se rapprochent les unes des autres, & il s'en trouve par conséquent davantage dans un même volume. Ainsi l'air pèse plus ou moins selon la quantité de matiere étrangere dont il est chargé; dans les grandes chaleurs il est plus léger, parce qu'il contient plus de matiere subtile, & en hyver il pèse davantage, parce qu'il en contient beaucoup moins. Il suit de ce raisonnement & de l'article 807, que la poudre à canon doit avoir beaucoup moins de force en été qu'en hyver, parce qu'elle trouve beaucoup moins de parties d'air à raréfier, & c'est ce que j'ai éprouvé dans un grand nombre d'expériences.

Cependant le mercure du barometre ne laisse pas d'être toujours élevé à 27 ou 28 pouces dans une saison comme dans l'autre, au lieu qu'il devroit ce semble, être élevé en hyver du double de ce qu'il est en été. Cela vient de ce que la colonne d'air qui pèse sur l'orifice de la phiole du Barometre, est toujours dans la totalité, d'un poids à peu près égal dans quelques saisons

que ce soit ; mais qu'elle est plus dilatée environ du double , en été de ce qu'elle est en hyver , ainsi qu'il arrive à des liqueurs , dont une certaine mesure ne laisse pas d'égaliser son même poids quoiqu'elle se soit toute mise en mousse.

809. On peut conclure de ce qui précède , qu'on n'a jamais le véritable poids des corps qui ont beaucoup de volume , tels que les balots de laine , de coton , de crins , &c. puisque ces balots pèsent moins dans l'air que dans le vuide de tout le volume d'air dont ils occupent la place , & d'autant moins que cet air est lui-même plus pesant , ainsi il est plus avantageux d'acheter ces sortes de marchandises en hyver qu'en été.

*On n'a ja-
mais exac-
tement la
pesanteur
des corps
qui ont
beaucoup
de volume :*

810. On a un pareil intérêt , s'il s'agit de liqueurs qui se vendent à la mesure , de les acheter plutôt l'hyver que l'été , puisqu'un même vase en contiendra davantage ; par exemple , on voit dans la table de l'art. 339. que le pied cube de vin de Bourgogne pèse en été 69 lb 9 onces , & en hyver 68 lb 1 once qui est une différence de 24 onces par pied cube ; & comme le muid en contient 8 , il suit qu'il contiendra en hyver 12 lb de vin , ou environ 6 pintes de Paris plus qu'en-été ; je laisse à penser à bien des gens , si la Physique est une science purement curieuse.

811. La raréfaction de l'air peut devenir très-considérable , si l'on en juge par les conséquences qu'on a tiré de plusieurs expériences. Monsieur Mariotte qui en a fait plus que personne , rapporte qu'un certain volume d'air , tel que celui que nous respirons , doit être dilaté quatre mille fois , pour être dans son étendue naturelle ; c'est-à-dire que s'il étoit possible de porter un pied cube d'air de dessus la surface de la terre au haut de l'atmosphère , il occuperoit une espace de 4000 pieds cubes.

812. Partout ce qui précède , on a dû voir que le ressort de l'air diminueoit à mesure qu'il étoit plus dilaté , & il est naturel de conclure qu'il doit au contraire augmenter à mesure qu'il est plus condensé ; en effet si l'atmosphère étoit pressée par quelque cause que ce fut , les molécules de l'air s'approcheroient davantage les unes des autres , seroient plus d'effort qu'elles n'ont coutume d'en faire pour se remettre dans leur état naturel ; c'est-à-dire qu'elles auroient une plus grande force de ressort , & soutiendroient une colonne de mercure plus haute que de 28 pouces. M. Mariotte & plusieurs autres après lui ont fait des expériences pour voir si le ressort de l'air augmentoit à proportion des poids , dont il étoit chargé , comme on avoit lieu de le présumer , & ils ont trouvé que cela étoit.

*Le ressort
de l'air aug-
mente dans
la raison des
poids dont
il est chargé :*

Fig. 7. On prend un tuyau de verre ABDI, recourbé, dont le bout A, de la petite branche doit être scellé hermétiquement ; par l'autre bout I, on verse du mercure pour remplir la partie inférieure BD du tuyau, prenant garde qu'il n'entre dans la branche AB, plus d'air qu'il n'y en avoit auparavant, afin que celui qu'on y enferme reste en équilibre par son ressort avec 28 pouces de mercure, si le Barometre est à cette hauteur dans l'endroit où on fait l'expérience : continuant à verser du mercure, il se soutiendra à des hauteurs inégales dans les deux branches ; car celui qui passera dans la plus courte AB venant occuper une partie de la place de l'air qui s'y trouve, n'ayant aucune ouverture pour s'échapper, se réduira en un plus petit volume ; & si l'on suppose qu'il n'occupe plus que AF, moitié de AB, tirant la ligne horizontale FG, on verra que le mercure se soutiendra à la hauteur GH de 28 pouces ; & comme les deux colonnes FB & GD sont en équilibre entre-elles, le ressort de l'air contenu dans l'espace AF, sera égal au poids de 28 pouces de Mercure GH, plus à celui de l'atmosphère qui presse la surface HM, par conséquent au poids de 56 pouces de mercure.

Si l'on continue à en verser, tant que l'air soit réduit à l'espace AK, moitié de AF, ou le quart de AB, tirant la ligne horizontale KL, l'on verra que le mercure sera monté jusqu'à la hauteur LO de 84 pouces, auxquels joignant 28 pouces, poids de l'atmosphère, l'on aura 112 pouces pour la colonne de mercure équivalente à la force du ressort de l'air réduit dans l'espace AK ; ce qui prouve que son ressort augmente dans la proportion des poids dont il est chargé, ou dans la raison inverse de la diminution de son volume, d'où l'on déduit ce principe général.

*Réglé-
nérale sur
la force du
ressort de
l'air com-
densé.*

813. *Que le produit de l'espace qu'occupe un certain volume d'air ; par la charge qu'il soutiens en cet état, est toujours égal au produit de l'espace où il s'est condensé par le poids qu'il porte alors.*

Ainsi, prenant le nombre 28, pour exprimer la colonne de mercure qui est en équilibre avec le ressort de l'air, si le Barometre est à cette hauteur dans le moment de l'expérience, on aura toujours quatre termes réciproquement proportionnels, dont il sera aisé d'avoir celui qu'on ignore. L'air a encore cette propriété qu'étant condensé, la force de son ressort ne s'affoiblit pas par la suite du tems. M. de Roberval ayant chargé une Arquebuse à vent comme à l'ordinaire, la laissa pendant 16 ans sans y toucher, au bout de ce tems son effet fut aussi grand que si elle avoit été chargée sur le champ.

814. A l'égard de la dilatation de l'air, l'expérience fait voir aussi que *la force de son ressort diminue dans la raison inverse de l'augmentation de son volume*; c'est-à-dire qu'un certain volume d'air venant à occuper un espace double ou triple, n'aura plus que la moitié ou le tiers de la force de ressort qu'il avoit auparavant; voici comme on peut s'en convaincre.

La dilatation de l'air en diminue le ressort.

On prend un tuyau de verre que nous supposons de 38 pouces, scellé hermétiquement par un bout, dans lequel on verse du mercure sans le remplir entièrement, afin d'en laisser une partie occupée par l'air, qui sera si l'on veut de 2 pouces; mettant ensuite le doigt sur le trou ouvert, on renverse le tuyau pour le plonger dans un vaisseau EF, où il y a du mercure; aussi-tôt l'air qu'on y a laissé gagne le haut du tuyau, le mercure descend, & se soutient suspendu à une hauteur CB, au-dessous de 28 pouces, parce qu'il n'est pas seul dans le tuyau à soutenir le poids de l'atmosphère, étant aidé par l'air qui est avec lui, lequel trouvant à se dilater dans l'espace abandonné par le mercure, perd une partie de la force de ressort qu'il avoit auparavant; cependant celle qui lui reste, jointe au poids du mercure du tuyau, faisant équilibre avec l'air extérieur; si le mercure est demeuré à la hauteur de 24 pouces au-dessus de la surface de celui du vaisseau, la force du ressort de l'air compris dans la hauteur AB ne pourra plus faire équilibre qu'avec une colonne de 4 pouces de mercure, c'est-à-dire avec la septième partie de celle qu'il soutenoit auparavant; aussi au lieu d'occuper un espace de 2 pouces, qui est celui où on l'avoit renfermé d'abord, il en occupera un de 14, ou sept fois plus grand, d'où l'on déduit encore cette règle générale.

FIG. 9.

815. *Que le produit de l'espace qu'occupe l'air par la charge qu'il soutient dans l'état où il se trouve à l'égard du Baromètre, est toujours égal au produit de l'espace dans lequel il s'est dilaté, par le poids dont son ressort est capable alors*; ce qui donne quatre termes réciproquement proportionnels, dont il sera toujours aisé de connoître celui qui manquera.

Règles générales sur la dilatation de l'air.

C'est sur ce principe qu'on a trouvé le moyen de faire des Baromètres dont l'atmosphère ne soutient gueres que quatre pouces de mercure, parce que le reste du tuyau qui est d'environ 2 pouces, au lieu d'être privé d'air grossier comme à l'ordinaire, en contient dont le ressort est en équilibre avec 24 pouces de mercure, qui étant ajouté avec quatre pouces, est équivalent à une colonne de 28; ainsi lorsque l'air extérieur change par les causes ordinaires, l'air du tuyau se condense ou se dilate, & le mercure

monte ou descend aussi sensiblement que dans les Baromètres simples, dont on a coutume de se servir; cependant les petits ne m'ont pas paru aussi justes.

Conséquence de la dilatation de l'air au sujet de l'aspiration de l'eau dans les tuyaux.

FIG. 12.

816. L'on peut conclure, que si peu qu'il y aura d'air dans l'espace BC, compris entre le piston & la surface de l'eau, dans un tuyau d'aspiration, la colonne DC ne parviendra pas à la hauteur de 32 pieds, quoique le poids de l'air extérieur soit alors équivalent à cette colonne, parce que le ressort de l'air de l'espace BC, si dilaté qu'il soit, agira toujours sur la surface C; il est vrai qu'à mesure qu'on élèvera le piston plus haut, l'eau montera davantage, mais sans jamais parvenir à la hauteur que nous venons de dire; cet article deviendra essentiel quand nous parlerons des Pompes aspirantes.

La chaleur augmente la force du ressort de l'air.

817. L'air a aussi la propriété d'augmenter considérablement la force de son ressort par l'action de la chaleur; il faut concevoir que la chaleur consiste en une infinité de petites particules extrêmement agitées, qui venant à pénétrer les corps qui enferment de l'air, s'insinuent parmi les molécules, qui occupent alors un bien plus grand volume qu'auparavant, si rien ne leur fait obstacle; mais si elles sont retenues & comme emprisonnées par la résistance de quelque corps, elles font effort de toutes parts contre les mêmes corps pour les écarter, & c'est la cause des effets surprenants de la Poudre à Canon, & des feux souterrains. Or comme plus le nombre des molécules sera grand, étant renfermées, plus leur force élastique sera considérable, quand elles seront mises en action par la chaleur; il suit que l'air condensé venant à se raréfier, a une bien plus grande force de ressort, que s'il étoit en équilibre avec celui que nous respirons; & qu'ainsi la force du ressort de l'air renfermé, augmente encore dans la proportion inverse de la diminution de son volume, quoique raréfié avec un même degré de chaleur.

La force que le ressort de l'air a acquise par la chaleur, diminue à mesure qu'il se dilate.

818. Cependant il est à remarquer que si l'air que l'on rarefie par la chaleur venoit par son effort à agrandir la capacité de l'endroit où on l'a renfermé, la force de son ressort diminuerait dans la raison que son volume augmenteroit; par exemple, l'on suppose que si l'air renfermé dans un globe d'airain d'un pied de diamètre, étant raréfié à un certain point, en avoit augmenté la capacité jusqu'à avoir deux pieds de diamètre; la force de son ressort ne sera plus que la huitième partie de ce qu'elle eût été, si la surface du globe étoit restée inflexible; de même si on avoit un cylindre creux dont un des cercles qui sert de fond fut inflexible, & que l'autre qui lui est opposé put s'en éloigner, pour agrandir la capa-

cité du cylindre; l'air qui seroit dedans venant à se dilater, sans trouver aucune ouverture pour s'échapper, la force de son ressort sera diminuée dans la raison de l'augmentation de la hauteur du cylindre; que si la hauteur du cylindre étoit devenue double, chaque cercle ne soutiendrait plus que la moitié de l'effort dont l'air raréfié auroit été capable, s'il ne s'étoit point dilaté.

819. Le froid diminue beaucoup la force du ressort de l'air, & même avec plus de promptitude que la chaleur ne l'augmente, c'est ce que l'on remarque quand on plonge la boule du Thermometre dans de l'eau froide, les molleculcs de l'air qui se trouvent dans l'esprit-de-vin venant à se resserer, occupent moins d'espace, & la liqueur descend dans le tuyau.

Le froid diminue la force du ressort de l'air.

Pour faire voir que la chaleur agit avec beaucoup de promptitude pour augmenter le ressort de l'air; voici comme on en pourra faire l'expérience.

820. On prend un tuyau de verre recourbé ABDC, dont une des branches est beaucoup plus courte que l'autre; à l'extrémité de la petite doit être un balon, dont l'air qu'il contient puisse avoir communication avec celui du tuyau. On verse du mercure par le trou A, tant qu'il en entre dans la boule jusqu'à une hauteur arbitraire EG; alors une partie de l'air qui étoit dans le tuyau, qui n'a pu sortir par le trou A, se réunit à celui du balon, qui se trouve réduit dans l'espace EFG, où la force de son ressort augmente dans la raison inverse de la diminution de son volume. (813) Ainsi prolongeant la ligne horizontale EG jusqu'en B, le mercure se trouvera élevé dans la grande branche à une hauteur BH, qui sera par exemple de 12 pouces: dans cet état le ressort de l'air de la boule sera en équilibre avec la colonne BH plus le poids de l'atmosphère; par conséquent avec une colonne de mercure de 40 pouces. Si l'on plonge la boule dans l'eau bouillante, la chaleur agissant sur l'air qu'elle renferme pour le dilater, augmentera son ressort, lequel pressera la surface EG du mercure beaucoup plus qu'il ne faisoit auparavant, & le fera remonter dans la grande branche, au-dessus du point H comme en I; à une hauteur HI d'environ 13 pouces, c'est-à-dire à une hauteur qui sera à peu près le tiers de la colonne de 40 pouces de mercure avec lequel il étoit en équilibre avant que d'avoir été échauffé par l'eau bouillante, & le mercure ne monte pas plus haut, quoique l'on continue à laisser le balon dans l'eau bouillante. Ce qui fait voir que la chaleur de l'eau bouillante, a des bornes qui se terminent à augmenter d'un tiers la force du ressort de l'air, en quelque état qu'il se

Expérience sur la force que le ressort de l'air acquiert par la chaleur de l'eau bouillante.

FIG. 8.

trouve dans le balon avant de l'avoir plongé dans l'eau bouillante; selon que son ressort sera plus ou moins augmenté par le poids du mercure qu'on aura mis dans le tuyau en plus ou moins grande quantité; c'est-à-dire que la force de son ressort, devant & après avoir mis le balon dans l'eau, sera toujours dans le rapport de 3 à 4; d'où il suit que la chaleur de l'eau bouillante, ne peut augmenter la force du ressort de l'air que nous respirons, au-dessus de celle qu'il a naturellement, que jusqu'à lui faire soutenir le tiers d'une colonne de mercure de 28 pouces, c'est-à-dire de 9 pouces & quelques lignes. M. Amontons est le premier qui se soit appliqué à cette recherche, comme on peut le voir dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1699, où l'on trouvera aussi, que le même Auteur ayant voulu sçavoir si l'eau salée n'acquiesoit pas lorsqu'elle bout, plus de chaleur que l'eau douce, a fait dissoudre environ 6 lb de salpêtre brut dans deux pintes d'eau commune, dans laquelle il mit encore une quantité assez considérable de sel marin; ayant fait bouillir le tout, & repeté l'expérience précédente, il n'a point trouvé que le mercure soit monté plus haut, que l'endroit où l'avoit fait monter l'eau douce.

*Ordinaire-
ment en
France, le
plus grand
froid de
l'hiver ne
va qu'à un
sixième de
la diminu-
tion de la
plus grande
chaleur de
l'été.*

821. Des Sçavans ayant fait les mêmes expériences en différens endroits de la Terre, dont le résultat s'est trouvé conforme à ce qui arrive en France, on peut dire avoir présentement dans la nature un degré de chaleur égal en quelque endroit où l'on se trouve, duquel l'on peut, comme d'un point fixe, commencer à compter tous les autres degrés de chaleur, soit au-dessus soit au-dessous de celui que donne l'eau bouillante, puisque toute chaleur moindre donnant moins de ressort à l'air, il doit soutenir moins de mercure, outre le poids de l'atmosphère, de ce que l'eau bouillante lui en fait soutenir. Ainsi l'on peut dire que l'extrême froid seroit celui qui réduiroit l'air à ne plus soutenir aucune charge par son ressort; mais il y a bien de l'apparence que ce froid extrême n'existe en nul endroit du monde, si l'on en juge par la grande différence qui se rencontre entre ce premier degré de froidure, & ce que nous prenons en France pour le plus grand froid; l'expérience faisant connoître que la hauteur du mercure à Paris pendant le plus grand chaud, est à sa hauteur pendant le plus grand froid, comme 6 est à 5, qui n'est qu'un sixième de diminution, du plus grand chaud au plus grand froid.

822. Comme il n'y a point à douter que le ressort de l'air renfermé dans la boule EFG, n'augmente ou ne diminue dans les mêmes proportions que la chaleur qui agit sur cette boule, & que

FIG. 8.

la hauteur du mercure renfermé dans la branche AB suit les mêmes proportions que le ressort de l'air; l'on peut par le moyen de ce Thermometre connoître tous les degrés de chaleur au-dessous de l'eau bouillante, en appliquant à côté du tuyau une division qui commence par zero, au point où la chaleur de l'eau bouillante aura fait monter le mercure; mais il faudra prendre garde, quand on voudra faire des observations sur ce Thermometre, à l'état actuel de la pesanteur de l'atmosphère; ce que l'on connoitra par le Barometre. J'entends que si le mercure monte au-dessus de 28 pouces dans le Barometre, il faudra retrancher la hauteur excédente de celle où sera le mercure dans le Thermometre, & qu'au contraire si le mercure descend au-dessous de 28 pouces dans le Barometre, il faudra ajouter la différence à la hauteur du Thermometre, pour avoir exactement le degré de chaleur qui est dans l'air, eu égard à celui de l'eau bouillante.

Ce Thermometre peut servir à connoître la temperature des climats les plus éloignés, à rectifier les observations faites sur les Thermometres ordinaires, en différens tems, & en des lieux différens, & à transmettre à la posterité les expériences que l'on a faites, aussi-bien que celles qu'on pourra faire sur ce sujet.

823. Puisque j'en suis sur la chaleur, je crois qu'il ne sera pas hors de propos de rapporter quelques expériences curieuses faites en Angleterre par M. *Newton*, extraites des *Transactions Philosophiques*, article 270. Pour avoir un point fixe, cet Auteur se sert de la chaleur qui regne sous la zone *torride* qu'il prend pour premier degré; ainsi quand il dit, par exemple, que la chaleur de l'eau bouillante est de trois degrés, il entend qu'elle est triple de celle de l'air sous la zone, de même des autres corps, comme on en va juger.

Expériences faites en Angleterre sur le plus grand degré de chaleur, dans plusieurs corps peuvens être capables.

Chaleur sous la zone torride.	1
Chaleur du corps humain.	1
Chaleur de l'eau bouillante.	3
Chaleur de l'Etain fondu.	6
Chaleur du Plomb fondu.	8
Chaleur du feu de Charbon de terre.	16
Chaleur d'un grand feu de bois.	17
Chaleur d'un fer rouge.	16 à 17

824. Comme la chaleur du corps humain semble intéresser plus que toute autre, j'ajouterai ici de quelle maniere on s'est aperçu qu'elle étoit la même que celle qui regne sous l'équateur. M. *Derham* dans sa *Théologie Physique*, Livre premier, Chapitre second, rapporte qu'avec des Thermometres faits à Londres, qui

La chaleur du corps humain est ordinairement égale à celle qui regne sous l'équateur.

ont été portés sous la zone, on a observé que la liqueur montoit entre 284 & 288 lignes ou dixième de pouces d'Angleterre au-dessus de la boule; qu'ayant voulu comparer cette chaleur avec celle de son corps, au mois de Juillet 1709, dans un jour assez chaud, & où il n'avoit fait aucun exercice; il plaça la boule d'un semblable Thermometre sous l'aisselle, & à quelque autre endroit du corps, où il regne ordinairement le plus de chaleur, la liqueur du Thermometre monta à 284 lignes. Il fit la même expérience, dans un jour aussi chaud qu'il s'en rencontre ordinairement en Angleterre, s'étant d'ailleurs échauffé le corps par autant d'exercice qu'il en pouvoit prendre sans s'incommoder; quoiqu'il pût faire, la liqueur n'a pas monté au-delà de 288 lignes. Il ajoute que la différence entre ces deux expériences lui parut bien peu de chose en comparaison de la chaleur de son corps qui lui sembla beaucoup plus grande dans la seconde expérience que dans la première: il en a fait d'autres en hyver, qui lui ont donné les mêmes choses, d'où il conclut que la chaleur du corps humain en santé, est à peu près la même en été & en hyver, & qu'elle est égale à celle de l'air qui regne dans la partie la plus échauffée de la terre, comme le rapporte M. Newton.

Je crois ne pouvoir plus à propos désabuser ceux qui s'imaginent que les caves sont froides en été, & chaudes en hyver, quoiqu'il arrive le contraire, ce que je vais prouver en suivant les vûes de M. Mariote qui a écrit un fort beau discours sur ce sujet.

*Dissertation
pour faire
voir, contre
l'opinion
commune,
que les caves
sont plus
chaudes en
été, qu'en
hyver, &
plus froides
en hyver
qu'en été.*

825. La plupart des choses naturelles faisant leurs fonctions par la chaleur, soit qu'elle soit interne & propre, comme celle des hommes & des autres animaux, soit qu'elle soit externe comme celle que les plantes reçoivent du Soleil; le degré de chaleur qui leur convient ne peut être notablement augmenté ou diminué qu'elles ne perissent. C'est pourquoi le sens de notre attouchement a dû être disposé de telle sorte, que tout ce qui excède la température de notre chaleur, nous paroît chaud, & que tout ce qui a moins de chaleur que nous, excite un autre sentiment tout différent, que nous appellons froid, afin que nous puissions éviter les inconvéniens qui arriveroient par l'augmentation ou par la diminution de notre chaleur naturelle, & nous conserver dans notre juste tempérament. Mais d'en tirer cette conséquence que tout ce que nous sentons froid soit absolument sans chaleur; c'est une erreur très-grossière; car de même que quelques animaux qui sont naturellement plus chauds que nous, se tromperoient, si en nous touchant, ils nous jugeoient sans

chaleur, aussi nous trompons-nous, lorsque nous estimons froids absolument, ceux qui ont leur tempérament de chaleur dans un degré inférieur au nôtre.

826. Ce n'est donc pas par le sentiment du froid, que nous devons juger si une chose est sans chaleur, mais par des raisonnemens fondés sur d'autres principes & par les effets que la chaleur produit ordinairement; ainsi c'est à tort que la plupart se plaignent que nos sens nous trompent; ce n'est point à eux qu'il faut s'en prendre, mais plutôt au défaut de notre manière de raisonner; car les sens ne nous sont pas donnés pour juger des choses telles qu'elles sont en elles-mêmes, mais seulement telles qu'elles sont à notre égard, afin que nous puissions éviter celles qui nous sont nuisibles, & nous servir de celles qui sont propres à notre conservation.

Si on suppose que dans les caves ordinaires, il n'y a point d'autre chaleur que celle qui procède du Soleil, il n'y a point de doute que pendant les premières chaleurs de l'été, les caves très-profondes ne doivent être moins échauffées qu'au commencement de Septembre parce que la chaleur ne s'insinuant que peu à peu dans la terre il faut beaucoup de tems avant qu'elle ait pénétré jusqu'aux souterrains; le Soleil ayant lui tout le jour, la surface de la terre est plus échauffée à trois heures après midi, qu'à dix ou onze heures du matin, & il fait ordinairement moins chaud au solstice d'été, qu'un mois ou six semaines après; par la même raison la plus grande chaleur des caves profondes doit être vers la fin de l'été, & le plus grand froid vers la fin de l'hiver, parce qu'elles s'échauffent & se refroidissent peu-à-peu.

M. Mariotte voulant sçavoir, si l'expérience seroit conforme à ce raisonnement, fit placer un Thermometre dans une des caves de l'Observatoire Royal de Paris. Ayant suivi pendant plusieurs années les variations de ce Thermometre, il a reconnu que la liqueur descendoit dans le tems des plus grands froids de l'hiver, & montoit au plus haut point, dans le tems des plus grandes chaleurs de l'été, ainsi sans entrer dans le détail, il n'en faut pas davantage pour être convaincu, que la chaleur qui regne dans les caves, est plus grande en été qu'en hiver.

Cependant comme les caves paroissent froides en été, & chaudes en hiver, il ne faut pour rendre raison de ces apparences; que faire attention, que si l'on met la main dans l'eau bouillante; & qu'aussi-tôt on la trempe dans de l'eau tiède; cette dernière paroitra froide; & au contraire si on met la main dans de

l'eau prête à se gâler, ensuite dans l'eau tiède, celle-ci paroîtra chaude. De même lorsqu'en été on sort d'un air fort échauffé, pour entrer dans une cave où il est beaucoup moins chaud, ce dernier paroît froid, & devient à l'égard de celui de dehors, ce que l'eau tiède est à l'égard de l'eau bouillante; au contraire lorsqu'en hyver l'on sort d'un air très-froid pour entrer dans une cave, l'air y paroît chaud, parce qu'il a moins perdu de son degré de chaleur que celui de dehors, & le sentiment qu'occasionne l'air de la cave en été & en hyver, doit être d'autant plus vif, qu'en été les pores de notre peau, étant fort ouverts, dès qu'on passe dans un endroit où l'air n'est que médiocrement chaud, il nous surprend en s'insinuant dans l'intérieur des mêmes pores, qui se trouvant alors très-chauds & très-sensibles sont causé que l'on regarde comme froid, une chaleur moindre que celle que nous sentons, au contraire de ce qui arrive en hyver, le propre du froid étant de resserrer les pores, mais qui se dilatent quand l'on passe dans un air qui a moins perdu de la chaleur.

*Description
d'une Pom-
pe par la-
quelle on
peut faire
monter
l'eau à une
hauteur mé-
diocre par
l'action al-
ternative
du chaud &
du froid.*

827. Tandis que nous en sommes sur l'action du chaud & du froid, je crois qu'on ne sera pas fâché de trouver ici la description d'une pompe naturelle qui peut élever l'eau à une hauteur médiocre par le moyen de ces deux agens,

Elle est composée d'un vaisseau sphérique NBAC qu'il convient de faire de cuivre, & lui donner le plus grand diamètre qu'il est possible; à ce vaisseau sont adaptés vers le bas deux tuyaux, le premier NK qui est vertical, & qui trempe dans l'eau qu'on veut élever, doit avoir à son extrémité K une soupape.

Le second tuyau EFG qui va en montant aboutit par son extrémité G au réservoir H où l'on veut que l'eau aille se rendre, & doit avoir aussi une soupape en F disposée de façon qu'étant fermée, l'eau qui est une fois montée dans le tuyau ne puisse plus descendre, & faire attention que l'autre extrémité G de ce tuyau doit être plus élevée que le sommet de la Sphere.

Pour faire agir cette machine, il faut qu'elle soit exposée de façon que le Soleil puisse donner dessus pendant toute la journée; on commence d'abord par verser de l'eau dans la Sphere environ jusqu'aux deux tiers BNC que l'on introduit par un orifice A qu'il faut ensuite fermer, afin que l'air qui occupera le reste BAC de la capacité de la Sphere, ne puisse sortir.

Pour juger de l'effet de cette pompe, considérons que l'air renfermé dans la partie BAC venant à être échauffé par les rayons du

FIG. 18.

du Soleil, tendra à se dilater, & pressera la surface de l'eau, laquelle ouvrira la soupape qui est en F, poussera celle qui est dans le tuyau FG, la fera passer dans le réservoir H, & suivra le même chemin pour y couler elle-même, tant que la chaleur du Soleil donnera assez de ressort à l'air renfermé pour presser la surface BC autant qu'il est nécessaire. Quand la chaleur sera passée, la fraîcheur de la nuit succédant, les molécules de l'air intérieur se resserreront, n'auront pas tant de ressort que pendant le jour, & même beaucoup moins que l'air extérieur, parce que celui qui est renfermé occupant un plus grand volume qu'au commencement que la chaleur a agit, se sera dilaté dans l'espace vuide qu'a laissé l'eau qui est montée le jour. Car la Sphere ayant été remplie aux deux tiers d'eau, s'il en est monté la moitié, par exemple, l'air qui n'occupoit qu'un tiers de la Sphere, en occupera les deux tiers, & sera dilaté du double de l'air extérieur, ainsi ce dernier ayant l'avantage pressera la surface MI, de l'eau de la fontaine ou du puits, où trempe le tuyau NK, & la fera monter dans le même tuyau pour passer dans la sphere jusqu'à la hauteur où son poids, joint à la force du ressort de l'air intérieur sera en équilibre avec celui de dehors, & l'un & l'autre demeureront dans cet état, jusqu'au tems où le Soleil échauffera de nouveau l'air intérieur, pour faire monter l'eau comme auparavant. Ainsi la fraîcheur fera monter l'eau pendant la nuit de la fontaine dans la Sphere, & pendant le jour la chaleur la fera monter de la Sphere dans le réservoir. Au reste cette pompe ne peut gueres réussir comme il faut, que dans les pays où les jours sont fort chauds, & les nuits très-froides.

828. L'humidité a la propriété d'augmenter considérablement la force du ressort de l'air; c'est-à-dire que si un air chargé de vapeurs vient à se raréfier par la chaleur, il se raréfie davantage; alors étant renfermé il fait beaucoup plus d'effort pour se dilater, qu'il n'en eut fait, quoique mis en action avec un même degré de chaleur, s'il avoit été pur & serein; ce qui est confirmé par plusieurs expériences.

*L'humidité
augmente
la force du
ressort de
l'air.*

J'ai mis plusieurs fois des bouteilles de gros verre bien bouchées dans de l'eau bouillante, celles où il n'y avoit que de l'air ne cassaient point; mais les autres où j'avois mis une demi cuillerée d'eau, éclatoient un moment après avec une grande détonnation. Nous verrons par la suite, en expliquant les machines qu'on fait agir par l'action du feu, que si l'on renferme dans un vaisseau de fer ou d'airain bien bouché de l'eau & de l'air;

que faisant bouillir l'eau, la vapeur qu'elle exhale augmente le ressort de l'air à un point qui est à peine incroyable.

*L'eau est
sous im-
pression
d'air, ex-
pirée sur
ce sujet.*

829. Je ne dois pas oublier de dire que l'eau est toute remplie d'air; si on met de l'eau dans un vase, qu'on le place sous le récipient de la machine du vuide, on voit après un certain nombre de coups de piston, des bulles d'air, s'élever du fond de l'eau jusqu'à la surface où elles se dissipent, ce qui continue jusqu'à ce que le vuide soit entièrement fait, après quoi l'on ne voit plus monter de bulles, quelque tems que l'eau reste dans la machine. Si l'on retire cette même eau pour la faire un peu chauffer, & qu'on la remette sous le récipient, à mesure que l'on pompe, on en voit sortir des bulles beaucoup plus grosses qu'auparavant, & il se fait une effervescence plus grande que celle qui seroit causée par le feu, qui diminue à mesure que l'eau refroidit, & ne cesse que quand elle est entièrement froide. Quoiqu'il soit déjà sorti de cette eau beaucoup d'air, elle en contient encore une grande quantité, puisque si on la fait chauffer une seconde fois, mais un peu plus que la première, on en tirera autant d'air qu'il en étoit sorti; continuant à diverses reprises de faire chauffer l'eau de plus en plus, on verra toujours sortir de nouvel air.

830. Ce n'est pas seulement avec les liqueurs, que l'air a de l'adhérence, il en a aussi avec les corps solides: par exemple si l'on met une aiguille sur la surface d'un verre d'eau, elle se soutient, quoique sa pesanteur spécifique soit beaucoup plus grande que celle de l'eau, ce qui vient de l'adhérence des parties de l'air à l'aiguille, & comme cette aiguille ne touche l'eau que le long de sa partie inférieure, le reste est comme porté dans une petite gondole d'air: cela est si vrai que dès qu'on mouille l'aiguille pour en écarter l'air qui lui est contigu, elle ne surnage plus.

*Remarque
sur l'eau
convertie
en glace.*

831. L'eau est plus légère étant glacée, que lorsqu'elle est liquide, puisqu'elle surnage ou flotte sur elle-même; M. Mariote compte qu'elle est plus légère de $\frac{1}{11}$, au contraire de ce qui arrive à l'air que le froid condense. Cela ne peut provenir que des bulles d'air, dont la substance de la glace est parsemée, qui ayant abandonné les pores de l'eau au moment qu'elle a commencé à se geler, se sont rassemblées par peloton, & comme elles ont alors plus d'agitation & de force qu'auparavant pour s'étendre, elles font occuper à l'eau gelée, plus de volume que la même quantité n'en occupoit auparavant. C'est ce qui fait que l'eau qui remplit quelque vase, s'enfle & sort du vase à mesure qu'elle se glace, & même le brise souvent à moins que sa figure n'aille en

s'élargissant du fond vers les bords, afin que l'eau puisse se gonfler librement autant que l'air qu'elle contient le demande.

Ce qui confirme que la dilatation de l'eau glacée ne vient que de l'extension de l'air qu'elle contient, c'est l'expérience de l'eau que l'on a fait bouillir pendant quelque tems pour en faire sortir l'air, ou en la mettant sous le récipient de la machine du vuide; puisque dans ces deux expériences on voit sensiblement une infinité de bulles d'air sortir de toute l'étendue de l'eau, si l'on fait glacer ensuite cette eau, en l'exposant au grand froid, ou par artifice, & qu'on la plonge en cet état dans de pareille eau non glacée, elle descend au fond au lieu de surager, ce qui marque qu'elle est alors plus pesante, ne contenant plus d'air pour la dilater: au reste quand elle en est toute imprégnée, elle ne laisse pas de se condenser un peu par le froid, puisqu'elle est plus pesante en hyver qu'en été environ dans le rapport de 373 à 370.

L'eau dont on a tiré l'air s'en remplit en peu de tems y étant exposée, comme l'expérience le confirme; c'est pour cela que lorsque la gelée dure quelque tems, on est obligé de casser la glace des étangs & autres réservoirs, où il y a du poisson, afin qu'ils en reprennent de nouveau; car l'air est si nécessaire à la subsistance du poisson, aussi bien qu'à celle des autres animaux, qu'il ne sçauroit vivre dans l'eau dont on a attiré l'air; il y tombe aussi-tôt en défaillance, comme si on l'avoit mis sous la machine du vuide, & on ne peut le rappeler à la vie, qu'en le mettant dans de l'eau, qui n'est pas purgée d'air.

832. Si le froid a la propriété de durcir les parties de l'eau, & de les condenser, la chaleur au contraire les rend plus fluides, & en augmente extrêmement l'action, puisqu'elle devient capable de pénétrer & de dissoudre des corps durs, ce qui marque que ses parties sont alors dans une grande agitation; or cette agitation peut être causée ou par la matière du feu que l'on met dessous, laquelle pénétrant au travers du vase qui la contient, remplit toute sa substance, ou par les rayons du Soleil rassemblés par un miroir ardent: mais ce qu'il y a de bien singulier, c'est que le degré de chaleur de l'eau bouillante ainsi que des autres liqueurs est limité, & ne croit pas à mesure qu'on augmente le feu, ce qui vient sans doute de ce que les parties du feu ou de la lumière n'augmentent plus l'action de l'eau quand elles sont entièrement détachées les unes des autres, & qu'elles ont leur liberté toute entière.

*Conjecture
sur la ma-
nière dont
le feu agit
pour dilater
les fluides.*

Pendant cette agitation, les parties du feu qui demandent tous jours à s'étendre, enlèvent avec elles quantité de parties d'eau, & ce composé de parties de matiere étherée & d'eau, étant plus léger que l'air qui répond à la surface de la terre, ce dernier les chasse au-dessus de lui, & les tient suspendues en vapeurs, brouillards, ou nuées, jusqu'à ce que les vents les pouslent les unes contre les autres; & lorsqu'en s'épaississant elles deviennent plus pesantes que l'air qui les soutient, elles retombent en pluye.

*Effets sur-
prenans des
cordes
mouillées.*

833. L'air contient en tout tems beaucoup de ces vapeurs ou petites gouttes d'eau suspendues, comme cela se prouve par l'expérience suivante; si l'on trempe une seule fois une vieille corde dans de l'eau salée, & qu'on la suspende en cet état, elle dégouttera toute l'année des gouttes d'eau; on sçait aussi que quand on commence à pomper l'air de la machine du vuide, il s'y forme comme un brouillard, qui ne peut venir que des vapeurs qui retombent les unes sur les autres n'étant plus soutenues par l'air comme auparavant.

Mais rien n'est plus admirable qu'une corde suspendue à une poutre; on attache à l'extrémité de cette corde, un poids aussi grand que l'on veut, comme de 10000 lb, en sorte qu'il pèse légèrement à terre pendant un tems sec; aussi-tôt que l'air devient humide, on voit ce poids monter peu-à-peu, & redescendre de même quand l'air devient plus sec. Pour expliquer ce Phenomene, il faut considerer les parties de l'eau, comme des grains de sable très-fins, extrêmement polis, fort durs, & sans angles, qui pénètrent les pores des différens corps, comme seroient des petits coins qui glissent les uns contre les autres, & s'insinuent dans les pores de la corde, où elles ne trouvent pas un air aussi grossier, & aussi embarrassant à pénétrer que celui qui les contient; & quand elles sont une fois dans ces pores, elles sont forcées de pénétrer plus avant par l'action du ressort de l'air environnant, alors la corde s'enfle, par conséquent se raccourcit & enlève le poids.

La même chose arrive, lorsque cette corde étant sèche, on l'arrose avec de l'eau, on voit le poids monter dans le moment, ce qui prouve que la corde s'est renflée par l'humidité qu'elle a bue, puisqu'elle s'est raccourcie. Mais si cette élévation du poids vient de la pression de l'air extérieur, comme nous le supposons, il faut que la colonne d'air qui environne la corde, trouve lieu de descendre un peu, à mesure qu'elle élève le poids, puisque dans l'état de l'équilibre, le poids doit toujours être à la force motrice réciproquement, comme le chemin de celle-ci est au chemin du

roids, il faut donc qu'à mesure que la corde s'enfle, elle s'accourcisse en telle proportion qu'elle occupe moins d'espace humide que sèche; c'est-à-dire que si l'on multiplie, sa base ou grosseur par sa longueur dans ces deux états, le dernier produit lorsqu'elle est mouillée fera plus petit que le premier lorsqu'elle est sèche, ce qui pourroit passer pour un paradoxe, & la différence de ces produits étant divisée par la base de la colonne d'air environnante, qui est la surface de la corde enflée, donnera une longueur qui sera égale à la descente de cette colonne; mais la difficulté qu'il y a de faire ces calculs exactement, fait que je ne m'y arrête pas davantage.

834. On se sert de la même force de l'eau pour déroquer les marbres des carrieres ou pour fendre de grosses pierres : ayant fait un sillon autour du bloc qu'on veut détacher, on y enfonce des coins d'un bois très-leger desseché au four, que l'on arrose ensuite d'eau; & après quelque tems on trouve le bloc de marbre détaché de son lit, ce que des milliers de chevaux n'auroient pû faire. Or ce qui produit un effet si surprenant, c'est sans doute le double effort du coin qui s'y rencontre, car le bois que l'on y enfonce à force, fait déjà un très-grand effort par sa figure; & les parcelles de l'eau par la leur, l'augmentent encore prodigieusement.

On peut se servir uniquement de l'action de l'eau pour déroquer le marbre des carrieres, ou pour fendre des grosses pierres.

Il n'y a pas de doute au reste que la plupart des autres liqueurs, particulièrement celles qu'on appelle maigres, ne fassent enfler les corps secs, poreux, & capables d'extension, parce qu'elles contiennent beaucoup d'eau, outre les parties salines dont elles sont fort remplies, quine sont pas moins propres au même effet, que celles de l'eau, si elles ne le sont davantage.



CHAPITRE II.

De la Théorie des Machines mues par le vent, & la maniere d'en calculer l'effet.

*Examen
du choc du
vent, où
l'on fait
voir sa con-
formité
avec le choc
de l'eau.*

*Expériences
sur le choc
du vent
pour en con-
naître les ef-
fets avec le
choc de
l'eau.*

835. L'AIR étant un fluide, doit à certains égards suivre les mêmes loix que l'eau; l'on sçait que quand la vitesse de l'eau est différente, ses impressions sont comme les carrés des vitesses; (568) de même quand un vent va plus vite qu'un autre, non-seulement il frappe un corps opposé avec plus de force, parce qu'il va plus vite, mais parce qu'il y a plus de parties d'air qui frappent dans le même tems; & le nombre de ces parties sera d'autant plus grand que la vitesse est plus grande, (569) d'où il suit que de deux vents dont le premier auroit deux degrés de vitesse, & le second trois; l'impression du premier sera à l'impression du second, sur des surfaces égales & directement opposées, comme le carré de deux est au carré de trois.

836. Comme on n'ose s'assurer de rien dans les sujets qui ont rapport à la Physique, que l'expérience ne l'ait confirmé, Messieurs Mariotte & Hughens en ont fait un grand nombre qui se sont toutes trouvées conformes à ce raisonnement. Prévenus que l'eau d'un réservoir soutenoit à la sortie des ajutages égaux, des poids proportionnés à la hauteur des colonnes d'eau qui répondoient aux mêmes ajutages (570), ils ont voulu voir s'il arriveroit la même chose à l'air, quoiqu'il n'y eut nulle raison d'en douter: ils se sont servis d'une machine, dans laquelle l'air étoit successivement pressé par différens poids, & s'échappoit par un tuyau ouvert; on voyoit par là quel poids l'air pouvoit contrebalancer à sa sortie, & la force de son impression sur les surfaces qu'il rencontroit; on pouvoit voir aussi combien il étoit de tems à en sortir entièrement suivant les différentes vitesses, que lui donnoient les différens poids dont il étoit chargé.

Par toutes les différentes expériences qui furent faites, on fut convaincu qu'il en étoit de l'air comme de l'eau; l'air sort plus vite de son tuyau quand il est pressé par de plus grands poids; c'est-à-dire quand la vitesse est trois ou quatre fois plus grande; l'impression qu'il fait à sa sortie sur les surfaces opposées, est neuf fois, seize fois plus grande, toujours en raison doublée des vitesses; ainsi les poids qui lui impriment ces différentes vitesses, sont en-

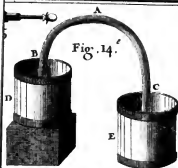


Fig. 14.

Fig. 16.

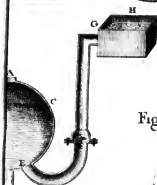
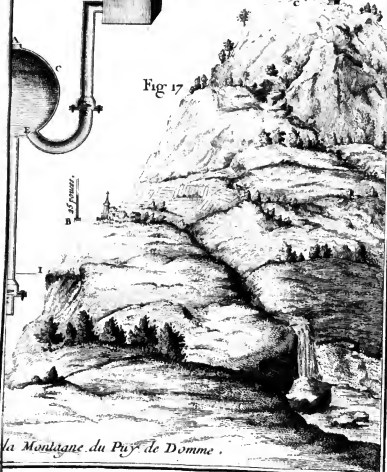


Fig. 17

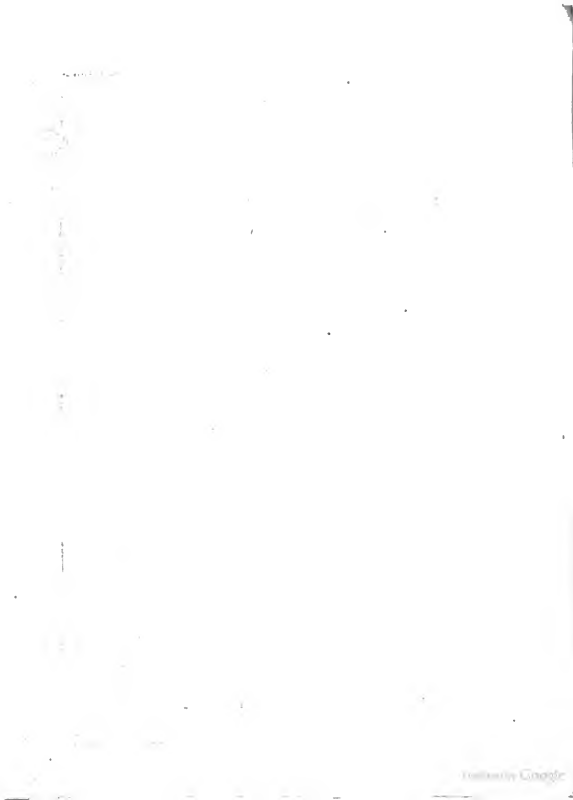


la Montagne du Puy de Domme.

Deulland Sculp.

Extrait de l'ouvrage





tr'eux comme les quarrés des vitesses. Voici le détail de quelques-unes de ces expériences.

837. La Machine dont on s'est servi est représentée par la PLAN. 2.
troisième figure de la Planche 2 ; c'est une espece de Cylindre creux, dont les deux bases AD & BC sont de bois, & le reste de FIG. 3.
cuir tendu par plusieurs cerceaux de fil de fer FE, HI, LM ; afin que la base AD puisse s'approcher de la base BC, qu'on suppose inébranlable ; à cette base est un trou N, par où l'air enfermé dans le Cylindre peut sortir.

L'on a placé au-dessous du Cylindre un tourniquet représenté dans la seconde figure, composé d'un essieu CD, traversé d'une FIG. 2.
regle OR posée horizontalement & divisée en deux parties égales par l'essieu ; l'extrémité R de cette regle répondoit directement au trou N ; & à l'autre extrémité étoit un poids Q, soutenu par un appui UO ; ensuite l'on a chargé la base AD d'un poids P, qui étoit tel que faisant descendre cette base, l'air qui sortoit par le trou N, venant choquer la regle à l'extrémité R, faisoit équilibre avec le poids Q ; & quand cela arrivoit le poids Q, étoit au poids P, comme la surface du trou N, à la surface du cercle AD ou BC ; ce qui est bien naturel, car tout l'air du Cylindre se trouvant pressé par le poids P, venoit s'appuyer également sur toutes les parties de cette base, par conséquent si la superficie du trou N, étoit la trentième partie de la superficie du cercle BC, la pression de l'air qui répondoit à ce trou, ne pouvoit être que la trentième partie de la pression que soutenoit la base BC, par conséquent équivalente à la trentième partie du poids P, & comme l'extrémité de la regle OR, recevoit la même impression qu'auroit reçu la superficie du trou N s'il avoit été fermé ; le poids Q devoit donc être la trentième partie du poids P.

L'on a fermé l'ouverture N, & l'on en a fait une autre K, égale à la précédente, pour voir si l'air en sortiroit avec la même vitesse ; l'on a trouvé qu'il faisoit encore équilibre avec le poids Q comme auparavant ; parce que le rapport du poids P au poids Q, étoit toujours le même que celui de la base BC à l'ouverture K. L'on a repeté la même expérience avec des poids différens, & l'on a trouvé que les petits poids qui faisoient équilibre au choc de l'air, étoient toujours l'un à l'autre dans le même rapport que les grands dont le Cylindre étoit chargé.

L'on a rempli d'eau ce Cylindre, pour voir si en sortant par l'ouverture K, elle feroit le même effet que l'air ; ce qui est arri-

vé, ayant fait équilibre par son choc avec un poids qui étoit au poids P, comme l'ouverture K à toute la base BC; sur quoi il est à remarquer que le poids de l'eau renfermé dans le Cylindre, ne pouvoit pas contribuer à la force du jet, puisque s'appuyant sur la base BC, elle étoit presque toute au-dessous de l'ouverture.

Il suit donc que l'air & l'eau qui sortent successivement par la même ouverture, quelque poids qu'on mette sur la base, soutiennent le même poids par leur choc, quoique l'eau soit d'une matière beaucoup plus dense & plus pesante que celle de l'air; ce qui vient de ce que l'air sort beaucoup plus vite que l'eau.

*La vitesse
du vent doit
être 24 fois
plus grande
que celle de
l'eau, pour
choquer une
même surfa-
ce avec une
égale force.*

838. L'on a trouvé par plusieurs expériences, que quand le Cylindre étoit plein d'eau, il lui falloit un tems vingt-quatre fois plus grand pour se vider que quand il étoit plein d'air; c'est-à-dire que quand il falloit vingt-quatre secondes à l'eau pour se vider, il n'en falloit qu'une à l'air, d'où l'on peut conclure, qu'afin qu'un jet d'air fasse le même effet par son choc qu'un jet d'eau, qui auroit un même ajutage, il faut que la vitesse de l'air soit vingt-quatre fois plus grande que celle de l'eau.

Puisque les forces ou les impressions de l'air sont comme les carrés des vitesses, il suit que quand il a 24 degrés de vitesse, il fait une impression cinq cens soixante-seize fois plus grande que s'il n'en avoit qu'un; or comme sa vitesse doit être vingt-quatre fois plus grande que celle de l'eau pour faire une impression égale; on voit que quand l'air & l'eau vont également vite, l'eau a cinq cent soixante-seize fois plus de force que l'air; c'est-à-dire que les impressions de l'air & de l'eau sont comme les carrés d'un & de 24, puisque ces deux nombres expriment le rapport des vitesses qui rendent leurs forces égales.

*Autre ma-
nière d'esti-
mer le rap-
port du choc
de l'air, à
celui de
l'eau.*

839. On peut encore juger du rapport du choc de l'eau à celui de l'air indépendamment de l'expérience précédente, car selon l'article 792 l'on a trouvé que le poids de l'eau étoit à celui de l'air comme 640 est à un; or s'il s'agissoit de deux corps solides dont l'un fut six cent quarante fois plus léger que l'autre, il faudroit que le plus léger alla six cent quarante fois plus vite que le premier, pour que leur choc fut égal, parce qu'alors leur quantité de mouvement sera la même; mais étant question de deux fluides, leurs quantités de mouvement seront en raison composée de leurs masses, & des carrés de leurs vitesses; & pour que la quantité de mouvement de l'air & de l'eau soit la même, il faut que les pesanteurs d'un égal volume d'eau & d'air qu'on peut prendre pour leurs masses, soient dans la raison réciproque des carrés de leurs

leurs vitesses; ainsi prenant l'unité pour la vitesse de l'eau, 640 pour son poids, celui de l'air sera aussi exprimé par l'unité, & nommant x , sa vitesse, l'on aura un quarré de la vitesse de l'eau, est à xx , quarré de la vitesse de l'air, comme 1 lb, poids de l'air, est à 640, poids de l'eau; d'où l'on tire $640 = xx$, ou $25 \frac{1}{2} = x$, qui fait voir que la vitesse de l'air doit être au moins vingt-cinq fois plus grande que celle de l'eau, pour choquer avec une égale force une même surface; ce qui ne cadre point exactement avec les expériences dont nous venons de parler, mais il ne faut pas s'en étonner, vu les frottemens que l'air & l'eau ont essuyés en sortant du trou; d'ailleurs l'air étant beaucoup plus dilaté en été qu'en hyver, (808) doit avec la même vitesse, choquer avec d'autant moins de force, qu'il sera plus dilaté, & au contraire: ainsi l'on ne peut estimer à la rigueur le choc de l'air par le quarré de sa vitesse seulement, à moins d'avoir égard à l'état où il se trouvera alors; cependant pour nous arrêter à un point fixe, & nous conformer à la règle la plus suivie dans les mémoires de l'Académie Royale des Sciences, nous nous en tiendrons à l'expérience de l'article 838.

840. Puisqu'il faut que la vitesse du vent, soit vingt-quatre fois plus grande que celle de l'eau, pour que le choc du vent soit égal à celui de l'eau, il sera aisé de mesurer le choc du vent comme on mesure celui de l'eau, en divisant la vitesse du vent par 24 pour la réduire à celle de l'eau qui seroit la même impression, ou quarrer la vitesse du vent, & en diviser le produit par 576, le quotient pourra être considéré comme le quarré de la vitesse d'une eau, dont le choc seroit équivalent à celui du même vent; ensuite il sera aisé par la règle (602) de connoître en livres ou en onces la force du choc du vent; par exemple, s'il s'agissoit d'un vent dont la vitesse fut de 24 pieds par seconde, son quarré sera encore 576, qui étant divisé par le même nombre, le quotient sera un, qu'on peut regarder comme le quarré de la vitesse d'une eau qui ne seroit que d'un pied par seconde, qu'il faut diviser par 60, pour avoir $\frac{1}{60}$ multiplié par la surface choquée; si l'on suppose cette surface d'un pied quarré, le produit sera encore $\frac{1}{60}$, qui étant multiplié par 70 pesantéur d'un pied cube d'eau, l'on aura $\frac{7}{60}$ ou $\frac{7}{60}$ pour le poids de la colonne d'eau, équivalent au choc d'un courant dont la vitesse seroit d'un pied par seconde, ou d'un vent dont la vitesse dans le même tems seroit de 24 pieds; multipliant 7 par 16, pour réduire les livres en onces, on aura 112 qui divisé par 6, le quotient donnera 19 onces, pour le choc du vent contre la surface d'un pied quarré; c'est-à-dire qu'ayant une

*Manière
d'estimer le
choc du vent
en liv. comme
on fait
celui de
l'eau.*

PLAN 2.

FIG. 1.

surface ABCD d'un pied carré, directement opposée au vent & attachée verticalement à un tourniquet, elle soutiendra en équilibre un poids H, de 19 onces, si ce poids répond à un bras de levier dont la longueur HE, depuis le centre de l'axe E du tourniquet, jusqu'à la ligne de direction tirée du centre de gravité du poids, est égale à la distance EF du même axe au centre de gravité F de la surface; observant que si la ligne EF étoit plus grande de la moitié, d'un quart, ou d'un cinquième que le bras de levier HE qui répond au poids, alors la surface d'un pied sera en équilibre avec un poids qui seroit plus grand que H, de la moitié d'un quart, ou d'un cinquième du même poids.

J'ajouterai, qu'on suppose ici que la règle EH qui sert de bras de levier, traverse l'essieu, afin d'avoir un autre bout EG, qui soit en équilibre par sa pesanteur avec la partie HE, avant que d'y avoir appliqué le poids.

Connoissant
le choc &
la vitesse
d'un cer-
tain vent,
connoître le
choc d'un
autre vent
dont on a la
vitesse.

841. Quand on est une fois prévenu du choc d'un certain vent dont on connoît la vitesse, on peut par une règle beaucoup plus courte que la précédente, mesurer le choc d'un autre vent dont on connoît la vitesse; par exemple, nous savons qu'un vent qui auroit 24 pieds de vitesse par seconde fait une impression de 19 onces contre une surface d'un pied carré; si l'on demande quel sera l'effort d'un autre vent qui auroit 15 pieds de vitesse par seconde, contre la même surface; il faut dire si 576, carré de 24 pieds, donne 19 onces, combien donnera 225, carré de 15 pieds de vitesse; l'on trouvera 7 onces 3 gros; or multipliant ce nombre par la quantité de pieds carrés que contient la surface qui est choquée par le même vent, par exemple par 60 pieds, l'on trouvera un peu moins de 28 lb pour l'effort du vent contre cette surface.

Manière de
connoître la
vitesse du
vent, en
connoissant
la force du
canc dans il
est capable.

842. L'on pourra de même connoître la vitesse du vent par son choc; car supposant que dans une expérience faite avec toutes les précautions nécessaires, on a trouvé qu'un certain vent a fait une impression de 12 onces contre une surface verticale d'un pied carré, pour connoître la vitesse de ce vent, on dira comme 19 onces est au carré de 24, ainsi 12 onces est au carré de la vitesse qu'on cherche, qu'on trouvera d'environ 363, dont la racine est 19 pieds 4 pouces.

Remarque
sur les dif-
férences
manière
d'une

843. Comme c'est la même chose que l'air aille avec une certaine vitesse, à la rencontre d'une surface immobile, ou que l'air étant en repos, ce soit la surface qui aille à sa rencontre avec la même vitesse; il s'ensuit que l'impression que recevra cette surface,

doit être exprimée par le quarré de sa vitesse ; ainsi tirant deux coups de canon d'une même piece , le premier chargé à la pesanteur du boulet , & le second à la moitié de cette pesanteur seulement , & qu'on suppose ici les effets proportionels à leurs causes , la vitesse du premier boulet sera double de celle du second ; par conséquent la résistance de l'air sur le premier , sera quadruple de la résistance de l'air sur le second ; sur quoi il faut faire attention que la surface qui reçoit l'impression de l'air , n'est pas exprimée par celle du boulet , mais par la superficie de son grand cercle.

*surface pour
être choquée
par le vent,*

Si l'on avoit deux pieces de différens calibres , chargées dans le rapport des pesanteurs de leurs boulets , il est certain que les deux boulets iroient avec la même vitesse , parce que les impulsions seroient proportionnées aux masses ; cependant le gros boulet portera beaucoup plus loin que le petit , parce que le cercle qu'il présente à l'air est moindre à proportion de sa masse , que le cercle du petit boulet ne l'est à l'égard de la sienne.

J'ajouterai quo quand une surface va directement à la rencontre du vent , son choc doit être exprimé par le quarré de la somme des vitesses de la surface & du vent : (599) que si une surface suit le cours du vent avec une vitesse qui lui soit égale , le choc sera zero : (587) que si la surface suit le cours du vent avec une vitesse plus grande que celle du vent , le choc sera exprimé par le quarré de l'excès de la vitesse de la surface sur celle du vent. (585)

*Origine des
Moulins à
vent.*

844. Ce n'est que vers la fin du douzième Siècle , qu'on a commencé en Europe à se servir du vent pour faire tourner des meules ; au retour de la croisade qui se fit en ce tems-là , l'invention des moulins à vent fut apportée d'Asie ; le manque d'eau qui se trouve dans presque tout l'Orient , ayant contraint les habitans d'y avoir recours. Depuis on s'est aussi servi du vent pour faire aller d'autres machines , mais toujours construites sur le modele des moulins , que nous nous proposons de détailler , afin de montrer à quoi se reduit leur point de perfection.

Les machines les plus ingénieuses ne sont pas ce qu'on admire le plus ; on est accoutumé de voir des moulins à vent , cela suffit pour qu'on n'y apperçoive rien de merveilleux ; mais quand on les examine sérieusement , on est étonné d'y rencontrer un Mécanisme beaucoup plus subtil qu'on ne se l'étoit imaginé.

PLAN. I.
FIG. 5.

845. Ceux qui ont été les premiers inventeurs des moulins à vent , se sont apperçus qu'il falloit que l'axe AB , c'est-à-dire l'arbre auquel sont attachées les ailes , fut précisément dans la direction du vent , & en cela ils se sont rencontrés avec la théorie la plus exac-

*L'axe d'un
Moulin à
vent doit
être situé
dans la di-*

E ij

*rection du
vent.*

te, comme M. Parent l'a démontré dans le second volume de ses Recherches de Mathématique & de Physique, imprimé en 1713 pag. 530; mais si la pratique en cette occasion a prévenu la théorie, en recompense nous allons faire voir que les ailes des mêmes moulins sont bien éloignées d'avoir toute la perfection qu'on pourroit leur donner.

*Les ailes
d'un moulin
pour tour-
ner, doi-
vent rece-
voir, obli-
quement
l'impression
du vent.*

846. L'axe d'un moulin étant dans la disposition que nous venons de dire, il est visible que si les surfaces des quatre ailes, comme CDEF étoient perpendiculaires sur le même axe AB, elles seroient aussi choquées perpendiculairement par le vent, & cette impression tendroit à renverser le moulin, & non à le faire agir; ce qui fait voir la nécessité de rendre les ailes obliques à l'axe. Ainsi ne considérant qu'une aile, l'impression oblique qu'elle reçoit du vent selon la théorie des mouvemens composés, se réduit à une direction perpendiculaire; cette direction qui ne peut être entièrement suivie par l'aile, est composée de deux autres, dont l'une tend à faire tourner l'axe, & l'autre à le renverser de devant en arrière; mais il n'y a que la première direction qui peut être suivie, par conséquent tout l'effort du vent sur cette aile, n'a d'autre effet, que de la faire tourner d'un côté ou de l'autre, selon que l'angle aigu qu'elle forme avec l'axe, regarde la gauche ou la droite; la question se réduit donc à sçavoir quelle doit être l'obliquité des ailes par rapport à l'axe, ou si l'on veut, l'ouverture de l'angle que les ailes & l'axe doivent former, pour que les mêmes ailes reçoivent la plus grande impression qu'il est possible.

PLAN. I. Je fais abstraction des moulins à vent pour un moment, afin de nous attacher à la seconde figure de la Planche, qui nous mena à ce que nous cherchons. Pour cela je suppose que la ligne RS, représente un essieu qui peut tourner horizontalement autour des points P, S; que sur cet essieu on a attaché obliquement à l'endroit G, milieu de la ligne AB, une surface rectangulaire ACDB, tellement située, que son centre de gravité F se trouve dans le milieu de la ligne EG, perpendiculaire à l'essieu; ainsi la surface & l'essieu forment un angle aigu AGP. Nous supposons aussi qu'un fluide comme le vent, par exemple, vient selon les parallèles OA, PG, QB, choquer cette surface avec la liberté de se réfléchir.

Prenant la ligne KG, pour exprimer la force totale de l'impulsion du vent, cette ligne étant oblique à la base AB, j'abaisse la perpendiculaire KH, qui exprimera l'action du fluide sur la surface. Je divise derechef l'impulsion KH, dans les deux autres KM & MH, la première parallèle & la seconde perpendiculaire à l'axe

PS; ainsi HM exprimera seule l'action du fluide pour faire tourner la surface autour de l'axe.

847. Pour trouver l'angle AGP, que la surface & l'effieu doivent former, afin que la force laterale HM du fluide qui agit pour faire tourner la surface, soit la plus grande qu'il est possible, nous ferons abstraction de cette surface, aussi-bien que de la longueur du bras de levier GF, pour n'avoir égard qu'aux lignes qui nous sont nécessaires, afin de rendre le calcul plus simple; nous nommerons AG, a ; KG, b ; & RG, x ; à cause du triangle rectangle AGR, l'on aura $AR = \sqrt{aa - xx}$. Pour venir à la connoissance de la ligne KH, & ensuite de HM, je considère que les triangles semblables AGR & KHG, donnent AG (a), AR ($\sqrt{aa - xx}$) :: KG (b), KH ($\frac{b}{a}\sqrt{aa - xx}$); de même à cause des triangles semblables AGR & KHM, on aura AG (a), AR (x) :: KH ($\frac{b}{a}\sqrt{aa - xx}$), HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa - xx}$); par conséquent

Manière de trouver l'angle que chaque aile doit faire avec l'axe.

HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa - xx}$) fera l'expression de la force laterale du fluide, qu'il faut multiplier par AI, ($2\sqrt{aa - xx}$) c'est-à-dire par la largeur réduite de la surface, qui donne $\frac{2abx - 2bx^2}{aa}$ qui doit être un plus grand; car il ne suffit pas que l'impression laterale HM du vent, soit la plus grande qu'il est possible; il faut aussi que la ligne AI, qui exprime la largeur de la surface réduite, ou si l'on veut la largeur de la colonne d'air qui doit la choquer, soit aussi la plus grande qu'il est possible; parce qu'alors il résultera que le produit de HM par AI, sera le plus grand de tous ceux qui pourroient naître de ces deux lignes, en rendant l'angle AGP plus ouvert ou plus aigu; il n'y a donc qu'un seul angle qui puisse répondre au plus grand effet; ainsi prenant la différentielle de $\frac{2abx - 2bx^2}{aa}$ suivant

la Méthode ordinaire, l'on aura $\frac{2baadx - 6bx^2 dx}{aa} = 0$, après la réduction $aa - 3xx = 0$, ou bien $\frac{\sqrt{aa}}{3} = x$, qui fait voir que le quarté du côté RG, doit être le tiers de celui de l'hypothénuse AG.

Pour avoir l'angle que nous cherchons dans toute la précision géométrique, je décris un demi cercle ARG, je divise le diamètre AG en trois parties égales; & au point B qui répond au tiers BG; j'éleve la perpendiculaire BR, & tire la ligne RG, qui donne l'angle RGA, que la surface doit former avec l'effieu; car si l'on nomme AG, a , BG sera $\frac{a}{3}$; l'on aura AG (a) × BG ($\frac{a}{3}$)

E iij

—
 $\Rightarrow RG(\frac{aa}{3})$. Si l'on suppose le diamètre AG de 120 parties, on trouvera que le côté RG, du triangle ARG, en contient à peu près 69; connoissant dans ce triangle les deux côtés AG & GR, on trouvera par les tables des Sinus que l'angle RGA est de 54 degrés 54 minutes, c'est-à-dire à peu près de 55 degrés.

Comme ce qu'on vient de voir peut s'appliquer à chacune des ailes d'un moulin, il s'ensuit qu'afin que ces mêmes ailes reçoivent de la part du vent la plus grande impulsion qu'il est possible, il faut qu'elles fassent un angle de 55 degrés, avec l'axe auquel elles sont attachées.

PLAN. I. Ayant vu qu'il falloit multiplier HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}$) par AI

FIG. 2. ($2\sqrt{aa-xx}$) pour avoir l'expression de la force laterale du vent multipliée par la surface entiere réduite, la moitié de cette somme, c'est-à-dire HM ($\frac{bx}{aa}\sqrt{aa-xx}$) exprimera la force laterale du vent multipliée par la moitié de la surface réduite, & venant de trouver $x = \frac{\sqrt{aa}}{3}$ pour le plus grand effet, substituant la va-

leur de x dans les expressions précédentes, l'on aura $\frac{b}{aa}\sqrt{aa} \times \frac{\sqrt{aa}}{3} \times \frac{\sqrt{aa}}{3} = \frac{ab\sqrt{aa}}{3}$ ou $\frac{\sqrt{4aabb}}{27} = \frac{\sqrt{4}}{27} \times ab$. Or si l'on multiplie le numérateur & le dénominateur de la fraction $\frac{1}{27}$ par 10000, pour en extraire la racine plus exactement, il viendra $\frac{10000}{27}$ qui peut se réduire à $\frac{1}{27}$; ainsi on aura $\frac{1}{27}ab$, qui montre que la force laterale n'est que les $\frac{1}{27}$ de la force absolue.

La force relative du vent sur les ailes, lorsqu'elles sont avec l'axe un angle de 55 degrés, n'est qu'environ les $\frac{1}{27}$ de la force absolue du même vent.

Maniere de faire le calcul de l'action du vent sur les ailes d'un moulin ordinaire.

848. On pourra donc à l'avenir dans le calcul des machines mues par le vent, chercher la force absolue du vent & en prendre les $\frac{1}{27}$; ou bien l'on peut prendre les $\frac{1}{27}$ de la surface entiere des ailes, qu'on multipliera par la force absolue du vent, le produit donnera la puissance motrice, ce qui devient un abrégé fort commode dans la pratique, comme on en va juger par un exemple.

849. Pour faire voir présentement de quelle maniere on peut calculer l'action du vent contre les ailes d'un moulin ordinaire, il faut être prevenu qu'elles ont 30 pieds de longueur sur 6 de largeur, & qu'il y a toujours une distance de 5 pieds entre l'extrémité CF des toiles & le centre B de l'axe, parce qu'elles ne sont jamais tendues jusques-là; ainsi il se trouve 20 pieds de distance du centre de gravité G de chaque aile, au centre B de l'axe; ce qu'il importe de sçavoir, puisque cette longueur de 20 pieds est

le bras du levier par lequel agit l'action du vent, que l'on doit regarder comme réuni au centre de gravité des ailes.

Chaque aile ayant 6 pieds de largeur sur 30 de hauteur, la superficie sera de 180 pieds carrés, qui étant réduits en la multipliant par $\frac{1}{11}$, (848) donne $64 \frac{1}{4}$, qui étant multiplié par 4, il vient 277 pieds carrés. Présentement, si l'on suppose que ces quatre ailes reçoivent l'impression d'un vent, dont la vitesse seroit de 18 pieds par seconde, il faut pour en mesurer le choc diviser le carré de 18, qui est 324 par 576, on aura $\frac{1}{2}$ pour le carré de la vitesse d'un courant d'eau, dont l'impression sera égale à celle d'un vent de 18 pieds de vitesse : ainsi multipliant le numérateur de cette fraction par 60 (602), & le dénominateur par 70 (601) multipliant de plus ce même numérateur par 277, superficie des ailes réduites, l'on aura $\frac{602 \times 277}{1470} = 182$ lb pour l'impression latérale du vent contre les quatre ailes du moulin, qu'on doit considérer comme une puissance appliquée à l'extrémité d'un bras levier de 20 pieds de longueur.

Le Roüet qui tourne avec l'axe du moulin, & qui répond à la lanterne de la meule, ayant ordinairement un rayon de 4 pieds, qui est le bras de levier qui répond à la puissance résistante; on aura cette proportion, comme 4 pieds, demi-diamètre du Roüet, est à 20 pieds, distance du centre de l'axe au centre de gravité des ailes; ainsi 182 lb est à l'action du vent contre les fuseaux de la lanterne, qu'on trouvera de 910 lb.

Il sera aisé présentement, en tenant compte des frottemens, de faire à l'égard des moulins à vent, tous les calculs que nous avons rapporté au sujet des moulins à eau dans le premier chapitre du second livre, soit qu'on se serve de l'action du vent pour moudre du bled, ou pour pulvériser des écorces d'arbre pour les Taneurs, ou pour faire agir les pilons des moulins à huile, à papier ou à sucre : il est vrai que l'estimation de la force motrice, changera selon que le vent augmentera ou diminuera, mais on pourra toujours connoître son effet en mesurant la vitesse actuelle; parce qu'alors son effet changera dans la raison des carrés des vitesses.

Le Roüet des moulins à vent ayant 48 dents & la lanterne 10 fuseaux comme aux moulins à eau, l'on voit que chaque tour du roüet ou des ailes, en fait faire près de 5 à la meule, & qu'ainsi les ailes ne doivent faire qu'un tour en 5 secondes, pour que la meule en fasse un par seconde, qui est la vitesse qui lui convient le mieux pour l'usage, comme nous l'avons dit ailleurs (638);

Voyez l'interieur du moulin à vent exprimé par la troisième figure de la planche huitième du premier Chapitre du second Livre, ou la planche 26 du premier Volume.

c'est pourquoi lorsque le vent est trop violent, on ne tend qu'une parties des toiles pour réduire les ailes à cette vitesse.

*Remarque
sur l'importance de
faire que les
ailes
d'un
moulin
ferment
avec
l'axe un an-
gle de 55
degrés.*

850. Quand on a trop de vent, on peut bien en menager la quantité nécessaire, mais lorsqu'il n'agit que foiblement, la plupart des moulins ne travaillent pas, ce qui vient souvent de la mauvaise disposition des ailes, qui sont toujours un angle trop ouvert avec l'essieu, cet angle n'ayant été déterminé que par hazard; cependant il est plus de conséquence qu'on ne pense de le faire exactement de 55 degrés, & non pas de 72, comme autour de Paris; car ayant calculé combien l'action d'un vent quelconque étoit moindre sur des ailes qui seroient avec l'axe un angle tel que ce dernier, que sur celles qui seroient conformes à la Théorie précédente, j'ai trouvé que la différence étoit de $\frac{1}{3}$; c'est-à-dire qu'ayant deux moulins semblables en tout, excepté dans la seule circonstance dont je parle, exposés au même vent; si celui dont les ailes font avec l'axe un angle de 55 degrés, est capable d'un effort de 7 sur les fuseaux de la lanterne, celui dont les ailes seroient avec l'axe un angle de 72 degrés ne fera capable que d'un effort de 5, de sorte que l'un des moulins pourroit agir fort rondement avec un certain vent, tandis que l'autre seroit dans l'inaction.

*Examen de
la figure la
plus avan-
tageuse
qu'on pour-
roit donner
aux ailes
des moulins
à vent.*

851. Ce défaut n'est pas le seul qui se rencontre dans les moulins à vent: jusqu'ici l'usage a autorisé les ailes rectangulaires, sans penser si on n'en pourroit pas faire d'une autre figure capable d'un plus grand effet avec le même vent. Il est cependant bien sûr que les ailes ordinaires ne sont pas les meilleures, & pour en être convaincu, il ne faut que suivre le raisonnement que voici.

L'effet du moulin dépendant de l'impression du vent, cette impression sera d'autant plus grande que la surface des ailes sera plus étendue; ne les considérons d'abord, que de la grandeur qu'on a coutume de les faire, c'est-à-dire de 30 pieds de longueur sur six de largeur; selon cette proportion la largeur se trouve la cinquième partie de la longueur, mais quelle certitude a-t-on que ce soit la figure & la proportion qui convient le mieux? D'ailleurs a-t-on quelque raison de mettre la petite dimension du côté de l'axe plutôt que la grande? Si l'on y prend garde, l'on verra qu'on a justement pris le parti le plus défavorable, puisque pour bien faire, les ailes devroient être disposées d'un sens opposé; j'entends que la plus grande dimension devroit être du côté de l'axe: car comme la longueur du bras de levier, est exprimée par la distance du centre de l'axe au centre de gravité de chaque aile, plus le centre

centre de gravité sera éloigné de celui de l'axe, & plus l'action du vent aura d'avantage. Mais nous avons vu ci-devant (849), que le centre de l'axe étoit éloigné de 20 pieds du centre de gravité des toiles, & que l'extrémité des ailes étoit éloignée de 35 pieds du centre de l'axe; or si l'on change la disposition du rectangle formé par les toiles, & que la base de 30 pieds soit toujours éloignée de 35 pieds de l'axe, comme l'est ordinairement celle qui n'est que de 6 pieds; alors le centre de gravité sera éloigné de 32 pieds du centre de l'axe, & par conséquent le bras de levier par lequel agira le vent, au lieu de 20 pieds en aura 32, mais comme selon cette disposition, il y auroit 29 pieds de distance depuis les ailes jusqu'au centre de l'axe où le vent ne seroit point d'effet, à cause que nous n'y supposons point de toiles tendues; M. Parent pour ne point laisser de vuide inutile, propose de faire des ailes de la figure d'un secteur d'ellipse; ou bien que faisant les ailes rectangulaires, leur largeur fut double de leur hauteur qui est le plus grand parallélogramme qui pourroit être inscrit dans un secteur d'ellipse, tel que celui qu'il a trouvé. Mais des ailes elliptiques paroistroient si extraordinaires qu'on n'oseroit se flatter que l'usage les adoptât, quoique les plus avantageuses de toutes, non plus que les rectangulaires disposées du sens que je viens de dire; il est vrai que ces dernières ayant une figure moins recherchée, seroient peut-être reçues plus volontiers; mais en leur donnant beaucoup de largeur, elles seroient sujettes à un inconvénient dans la pratique, qui est que devant former un angle de 55 degrés avec l'axe, une de leur extrémité ne manqueroit pas à cause de cette obliquité de rencontrer le corps du moulin, contre lequel elle se briseroit, à moins qu'on ne fit saillir l'axe autant qu'il le faudroit, pour que les ailes pussent tourner librement.

Cependant il est à remarquer que dans les moulins comme aux autres machines, on retombe toujours dans le cas de la loi générale des Mécaniques de ne pouvoir augmenter l'action de la puissance, sans augmenter aussi le tems qu'elle doit employer pour produire un certain effet. Par exemple ici en éloignant le plus que l'on peut le centre de gravité des ailes du centre de l'axe, on allonge à la vérité le bras du levier, ce qui soulage beaucoup la puissance, en récompense les ailes ne tourneront pas si vite, que si le levier étoit plus court; comme ce n'est point absolument de la plus grande vitesse des ailes que dépend le plus grand effet du moulin, mais bien de la plus grande quantité de grains qu'il pourra moudre à la fois, par conséquent de la force des ailes pour fai-

Pour qu'un Moulin fasse le plus grand effet, il faut que la vitesse des ailes prise à leur centre de gravité, soit la même que celle du vent.

re tourner la meule, que d'ailleurs cette vitesse de la meule doit être limitée, on gagnera beaucoup plus à proportion, en augmentant l'action de la puissance qu'on ne perdra par la diminution de la vitesse des ailes; mais l'on sçait que pour qu'une machine mise en mouvement par l'eau fasse le plus grand effet qu'il est possible, il faut que la vitesse de la roue soit le tiers de celle du courant qui la fait tourner (588), & comme il en est de même pour toutes celles qui sont mues par un fluide, il suit qu'un moulin à vent sera aussi capable du plus grand effet, lorsque la vitesse des ailes sera le tiers de celle du vent. Or comme cette vitesse des ailes doit être mesurée par la circonférence que décrit le centre de gravité des mêmes ailes; c'est-à-dire, du cercle qui auroit pour rayon le bras de levier à l'extrémité duquel l'on suppose l'action du vent réunie: si ce rayon a 28 pieds de longueur, sa circonférence en aura 88, qui est la mesure du chemin des ailes dans chaque révolution; ainsi il faudroit pour que la machine fut dans toute sa perfection, que le vent fit 264 pieds de chemin; tandis que les ailes feroient un tour.

*Description
d'un moulin
dont les ailes
tournent
horizontale-
ment.*

852. L'obliquité qu'on est obligé de donner aux ailes des moulins étant causée qu'il s'en faut beaucoup que le vent n'agisse avec sa force absolue, l'on a cherché à profiter de toute sa force, en faisant tourner les ailes horizontalement comme on en peut juger par l'exemple que j'en rapporte sur la planche 2.

PLAN. 2. Les ailes sont au nombre de 6 marquées par les lettres B, C, D, E, F, G, au plan d'une cage de charpente, dont l'élevation
FIG. 7. HI est au-dessous, cette cage est placée au sommet d'une tour L, qui comprend le corps du moulin, & peut tourner indépendamment des ailes, lesquelles sont formées par des châssis revêtus de toile & assemblés dans l'arbre tournant A qui répond à la meule supérieure; car on peut se passer ici de rouet & de lanterne.

L'objet de la cage est de n'exposer au vent que les ailes qui en doivent être choquées, & de mettre les autres à l'abri, pour cela elle n'est revêtue d'ais fort minces que sur une partie IOH; j'ai lu dans le recueil des Machines approuvées par l'Académie Royale des Sciences, qu'en Portugal & en Pologne, les moulins dans le goût de celui-ci étoient fort en usage.

853. Les formules étant très-commodes pour exprimer d'une manière générale toutes les grandeurs qui entrent dans les rapports, en voici deux par le moyen desquelles on pourra connaître exactement tout ce que l'on peut espérer des machines mues par le vent.

Nommant a , la vitesse du vent, & f , la surface choquée, prise sans aucune réduction, l'on aura $\frac{aa}{176}$ pour l'expression du carré de la vitesse d'un courant; dont le choc sera égal à celui du vent, (840) qui étant multiplié par 70, & le produit divisé par 60, donnera $\frac{aa}{176} \times \frac{7}{6}$ pour la hauteur de la colonne d'eau, dont le poids sera égal au choc direct sur une surface d'un pied carré, (602) par conséquent $\frac{aa}{176} \times \frac{7}{6}$ exprimera le même choc contre une surface quelconque directement opposée; & comme il faut multiplier cette expression par $\frac{1}{2}$, lorsqu'il s'agira d'une machine dont les ailes feront avec l'axe un angle de 55 degrés; (848) il vient après la réduction $\frac{aa}{128}$ pour la première formule, qui montre que l'on aura tout d'un coup l'impression du vent exprimée en livres, en multipliant le carré de sa vitesse considérée pendant une seconde, par la surface entière, c'est-à-dire, par celles que comprennent les quatre ailes sans réduction, & diviser le produit par 1283; après quoi il sera aisé, en considérant le Mécanisme qui regne dans la Machine, d'avoir égard aux différens bras de levier qui doivent répondre à la puissance qu'on aura trouvée à l'aide de la formule & à ceux qui doivent répondre au poids, dans l'état d'équilibre qu'il faudra réduire aux $\frac{1}{2}$ pour le plus grand effet. (589. 595)

854. Si l'on multiplie la formule précédente par $\frac{1}{2}$, on aura $\frac{aa}{256}$ qui est une seconde formule, par le moyen de laquelle on trouvera tout d'un coup la force respective du vent dans le cas du plus grand effet, sans être obligé de faire aucune réduction; c'est-à-dire, qu'après avoir multiplié la surface des ailes exprimées en pieds par le carré de la vitesse du vent, & divisé le produit par 2888, le quotient donnera la valeur en livres de la puissance réduite, qui servira à trouver le poids qui lui convient pour le plus grand effet, dès qu'on connoitra les bras de leviers qui répondent à l'un & à l'autre, alors les ailes prendront d'elles-mêmes une vitesse qui sera le tiers de celle du vent.

Nommant P , la puissance modifiée comme il convient pour le plus grand effet; l'on aura $P = \frac{aa}{2888}$ qui peut servir à trouver la superficie des ailes, dès qu'on connoitra la puissance réduite & la vitesse du vent, ou à trouver la vitesse du vent, quand on con-

F ij

Formules
générales
pour cal-
culer l'effet
de toutes
les machi-
nes mues
par le vent

noîtra la superficie des aîles & la puissance, puisque pour le premier cas, on aura $\frac{1888 \times P}{aa} = ff$, & pour le second $\sqrt{\frac{1888 \times P}{f}} = a$.

855. Que si l'on nomme Q, le poids qui convient pour le plus grand effet, & u, sa vitesse; $\frac{a}{3}$ fera celle des aîles de la Machine, prises à leur centre de gravité; alors on aura $\frac{a}{3} \times P = u \times Q$, qui est encore une formule générale par le moyen de laquelle on trouvera celui des quatre termes qui seroit ignoré, & même la superficie des aîles que l'on y fera entrer, en substituant $\frac{a \cdot ff}{8188}$ à la place de P, ou $\frac{1}{4} \sqrt{\frac{1888 \times P}{f}}$ à la place de $\frac{a}{3}$.

Pour appliquer la première formule $\frac{a \cdot ff}{1283}$ à un exemple, nous supposons qu'il s'agit de calculer l'impression laterale du vent contre les aîles du moulin dont il a été fait mention dans l'article 849 & que l'on a encore $a = 18$, ou $aa = 324$, & $ff = 720$; d'où l'on tire $\frac{324 \times 720}{1283} = 182$ lb, qui est le même nombre que nous avons trouvé dans cet article.

856. Si l'on considère la première figure de la planche première, l'on verra qu'elle représente un moulin qui tourne à tout vent, & s'y dirige de lui-même par le moyen de la girouette A, composée d'ais fort minces; l'arbre B est fixe & bien affermi dans les terres; tout le reste de l'assemblage est mobile & tourne avec la girouette; quand à l'arbre incliné ED il tourne avec les aîles, de même que la roue à godets D qui est assemblée à cet arbre, on fait un fossé circulaire pour ramasser l'eau qu'on veut épuiser, ce qui se pratique ordinairement dans un terrain aquatique pour le dessécher; car on voit que le bas de la roue trempe dans l'eau, & tourne aisément sans toucher aux terres; par ce moyen l'eau du fossé sera élevée dans une rigole aussi circulaire, dont l'arbre B est le centre, pour être conduite où l'on voudra; cette machine n'élève l'eau qu'à 6 ou 7 pieds au plus, mais en récompense elle en puise une grande quantité pour peu que le vent la favorise.

Les Prairies de Hollande sont peuplées de ces sortes de machines, on en rencontre à chaque pas; mais la roue qui puise l'eau est différente de celle-ci, n'étant composée que d'un nombre de rayons comme dans la quatrième figure; ces rayons sont des ef-

*Description
d'une Ma-
chine mise
par le vent,
servant à
dessécher un
terrain a-
quatique.*

PLAN. I.
FIG. I.

peces de palettes qui ressemblent à des rames, un peu creuses d'un côté en forme de cuillère, au lieu de porter l'eau en haut comme font les godets, elles la font jaillir dans la rigole; ce qui se fait avec tant de vitesse, qu'elles ne laissent pas que d'en puiser beaucoup en très-peu de tems.

857. L'angle EFB que l'axe ED fait avec l'arbre B est ordinairement de 60 degrés, ainsi l'angle IHK que les ailes font avec la verticale sera de 30 degrés; d'où il suit que les toiles tendues depuis H jusqu'en K, ne reçoivent l'impression du vent que selon une direction oblique à laquelle il faut avoir égard; pour cela considérons que le triangle rectangle HIK est la moitié d'un triangle équilatéral, dont le côté IH est la perpendiculaire : & comme le côté HK est ici de 7 pieds, prenant les trois quarts du carré de ce nombre, c'est-à-dire les trois quarts de 49 qui est $36\frac{1}{4}$ pour le carré de la perpendiculaire; extrayant la racine carrée de ce nombre, il viendra environ 6 pieds pour le côté IH.

Les toiles ayant 7 pieds de hauteur sur 4 de largeur, la superficie de chaque aile sera de 28; par conséquent les quatre ensemble de $112 = ff$, & si l'on suppose qu'elles sont choquées par un vent de 20 pieds de vitesse par seconde, multipliant le carré de ce nombre qui est $400 = aa$ par la superficie précédente, & divisant le produit par 2888 pour suivre ce qu'indique la formule

*Manière de
faire le calcul de l'ac-
tion du vent
sur les ailes
de cette ma-
chine.*

$\frac{aoff}{2888}$ (854), viendra $15\frac{1}{2}$ lb pour l'impression laterale du vent dans le cas du plus grand effet, en supposant que les ailes font avec l'axe un angle de 55 degrés, & que les mêmes ailes sont verticales; mais comme cette dernière circonstance n'a pas lieu, il faudra donc faire une seconde réduction, & dire en suivant l'article 853 comme HK (7) est à IH (6) ainsi $15\frac{1}{2}$ lb est à la force réduite, qu'on trouvera de $13\frac{3}{4}$ lb.

858. La longueur RH des ailes prises depuis le centre R de l'axe jusqu'à l'extrémité H, se trouve ici de 10 pieds, d'où retranchant 3 pieds 6 pouces pour la distance HS, il restera $6\frac{1}{2}$ pieds pour la longueur du bras de levier de la puissance. D'autre part le rayon de la roue D pris depuis le centre de l'essieu jusqu'au centre de gravité d'un des godets, étant de 3 pieds, pourra être considéré comme un bras de levier à l'extrémité duquel est appliqué le poids que l'on trouvera en divisant le moment de la puissance qui est $\frac{13\frac{3}{4} \times 6}{2}$ par le rayon de la roue, pour avoir $28\frac{1}{2}$ lb; mais comme il s'agit d'élever l'eau par le moyen d'une roue dont les godets se touchent immédiatement, sur une demi-circonfé-

rence du cercle, & dont les bras de leviers doivent être exprimés par tous les sinus du quart de cercle & non par le seul rayon; le poids de l'eau réuni à l'extrémité du rayon, sera à celui de l'eau contenue dans les godets comme la superficie d'un quart de cercle est à celle du quarté de son rayon, ou comme 11 est à 14: (57 58). Or ayant trouvé que la machine pouvoit élever à l'extrémité du rayon une colonne d'eau du poids de $28\frac{1}{2}$ lb on dira donc comme 11 est à 14, ainsi $28\frac{1}{2}$ lb est à un quatrième terme qu'on trouvera d'environ $36\frac{1}{2}$ lb pour le poids de l'eau que la roue élèvera à chaque tour dans le cas du plus grand effet lorsqu'elle sera mise en action par un vent de 20 pieds de vitesse.

Autre calcul pour déterminer la quantité d'eau que la même Machine épuîsera par heure.

859. Pour sçavoir combien cette machine épuîsera d'eau en une heure, il faut considérer que la roue & les ailes ayant un axe commun feront un égal nombre de tours dans le même tems, que la vitesse des ailes prise à leur centre de gravité se trouvant le tiers de celle du vent dans le cas du plus grand effet, ne feront que 6 pieds 8 pouces de chemin par seconde qu'il faut multiplier par 3600 pour avoir leur vitesse par heure qui sera de 24000 pieds, qui étant divisé par 40 - pieds qui est la circonférence que décrit le centre de gravité de chaque aile dans une révolution, donne 587 tours par heure qu'il faut multiplier par $36\frac{1}{2}$ lb d'eau, il vient 21572 lb ou environ 308 pieds cubes pour la quantité d'eau que cette machine épuîsera par heure en faisant abstraction de ce qu'il s'en pourra perdre. Je ne dis rien du déchet que peut causer le frottement qui est peu de chose, n'ayant lieu qu'aux endroits O & P où l'arbre ED est soutenu, tous ces calculs précédens ne devant être considérés que comme des exemples pour faire sentir l'application des principes qui servent de fondement à ce chapitre.

J'oubliois de dire que pour qu'un tel moulin soit capable du plus grand effet, il faut sur toutes choses bien proportionner la grandeur des godets à la quantité d'eau qu'ils doivent puiser, sans quoi le plus ou le moins retarderoit ou augmenteroit la vitesse des ailes, & alors cette vitesse n'étant plus le tiers du vent, la machine ne seroit pas ce qu'on veut qu'elle fasse.

Pour dire aussi un mot de la girouette A, qui doit diriger le moulin au vent, il faut considérer qu'elle a 16 pieds 6 pouces de longueur depuis le pivot L jusqu'à son extrémité R, & que la hauteur RS est de 6 pieds, ce qui donne une surface triangulaire de $49\frac{1}{2}$ pieds, sans avoir égard au vuide qui est vers le pivot L, qu'on a laissé tel pour faire voir le châssis auquel sont attachés les

ais, mais qui doit être couvert dans l'exécution; or ce triangle ayant $49 \frac{1}{2}$ pieds de superficie, présentera au vent une surface beaucoup plus grande que celles que peuvent présenter les ailes du moulin prises de côté, ainsi il faut de nécessité que le fort l'emporte sur le foible, d'autant plus que le bras de levier qui répond à la girouette est exprimé par l'intervalle LM, pris depuis le point d'appui L, jusqu'au centre de gravité M qui se trouve de 11 pieds de longueur. (100) Moyennant toutes ces considérations, il sera aisé de calculer l'effort du vent sur cette girouette.

860. La troisième figure représente une autre machine qui a un avantage sur la précédente, pouvant élever l'eau beaucoup plus haut; c'est une pompe aspirante dont le piston agit par le moyen des ailes d'un moulin à vent, & d'une manivelle; comme le mouvement du piston dépend de l'action des ailes, cette pompe élèvera plus ou moins d'eau selon la vitesse du vent & la grandeur du corps de pompe. Je ne m'arrêterai pas à en faire le calcul, je me contenterai de dire qu'elle se dirige d'elle-même au vent par le moyen d'une girouette comme dans la précédente, n'y ayant que le chafis ABCD qui tourne avec la girouette & les ailes; & le corps de pompe EF reste immobile étant bien arrêté par l'assemblage de charpente qui l'accompagne. Je crois qu'il n'est pas besoin d'ajouter que quand l'eau est élevée à la hauteur de la gargouille I, qui peut être située jusqu'à 30 pieds au-dessus de la surface de l'eau, elle va se décharger dans une gouttière ou auge pour être conduite à l'endroit où on veut, & que cette machine peut servir pour dessécher un terrain aquatique, ou pour arroser des Jardins, y faire des jets d'eau, cascades, &c.

861. Voici un moulin à chapelet représenté par la quatrième figure de la seconde Planche, servant à épuiser l'eau par l'action du vent, & qui peut être très-utile pour dessécher un terrain aquatique. Il est composé d'un axe CD, auquel sont attachées les ailes; cet axe tourne dans deux especes de colets L & M, il est disposé de façon qu'il ne touche point l'arbre immobile A, autour duquel tourne toute la machine pour être dirigée au vent par la girouette; c'est pourquoi ce moulin doit avoir autour de lui un fossé circulaire BB, afin que de tout sens le chapelet trempe dans l'eau: l'axe CD doit être percé depuis C jusqu'à son extrémité D, pour recevoir l'eau que le chapelet élève, & la conduire ensuite dans la gouttière circulaire KK, qui est soutenue sur des poteaux assemblés par des croix de Saint André, afin que de quelque côté que le moulin soit situé, le tuyau D puisse verser l'eau sans perte; & pour empê-

*Description
d'une pompe
aspirante
mise en
mouvement
par l'action
du vent.*

PLAN. 1.

FIG. 3.

*Description
d'un moulin
à vent pour
dessécher un
terrain a-
quatique.*

PLAN. 2.

FIG. 4.

& 5.

cher que le tuyau F, qui reçoit l'eau de la gouttière pour la conduire où l'on souhaite, n'interrompe le mouvement des ailes du moulin, lorsqu'elles se trouveroient de ce côté-là : on a fait un Siphon GF, afin que les ailes puissent passer librement. J'ajouterai que l'axe CD se trouvant plus chargé du côté C, que du côté D, on pourra donner l'équilibre en attachant des poids à l'extrémité de la girouette.

Comme le plus essentiel de la machine consiste à faire tomber l'eau des barils dans le Canal pratiqué au centre de l'arbre tournant CD, on a crû que pour plus d'intelligence, il convenoit de dessiner en grand la lanterne qui porte le chapelet exprimé par la cinquième figure. Nous supposons qu'elle tourne du sens que le marquent les flèches qui sont à la circonférence ; cela posé, il faut être prévenu que la lanterne est divisée en quatre cellules par des cloisons de planches qui répondent à quatre ouvertures carrées, comme *c* & *d*, pratiquées dans l'essieu à l'endroit de la lanterne. En dedans de chacune de ces ouvertures, il y a un petit clapet de fer ou de cuivre, qui s'ouvre & se ferme par son propre poids : par exemple, l'on sent bien qu'à mesure que le chapelet tourne, chaque baril, lorsqu'il se trouve vers le sommet de la lanterne, verse son eau dans la cellule *abc* qui lui répond, & qu'alors le clapet *f* du trou *c* qui regarde cette cellule, se trouve ouvert pour donner passage à l'eau qui entre dans le tuyau ; un instant après aussi-tôt que la lanterne a fait un demi-tour, le trou qui étoit ouvert se trouve fermé par le propre poids du clapet, comme on le voit en *g* ; mais comme il y en a quatre qui s'ouvrent & se ferment l'un après l'autre, l'eau en trouve toujours un ouvert pour lui donner entrée dans le tuyau, ce qui est assez bien exprimée par la figure, pour n'avoir pas besoin d'une plus longue explication.

Calcul du même moulin, en regard à la vitesse du vent, pour connaître le poids de l'eau qu'il peut élever.

862. Pour donner un nouvel exemple de la manière de calculer les machines mues par le vent, je suppose que les toiles de chaque aile s'étendent depuis O jusqu'en P, sur la longueur de $8\frac{1}{2}$ pieds, & sur cinq de largeur, ce qui donne $42\frac{1}{2}$ pieds carrés pour la superficie de chacune, & 170 pour les quatre ensemble ; ainsi on aura $\mathcal{F} = 170$; je suppose aussi que la distance du centre R de l'axe au centre de gravité Q des ailes est de 6 pieds ; & comme c'est du point Q qu'on doit mesurer la vitesse des ailes, il suit que le rayon de la lanterne étant le quart du bras de levier QR, le rapport de la vitesse de la puissance appliquée au point Q, sera à celle du poids, comme 4 est à 1. Or, si l'on nomme *a*,

la

la vitesse du vent; $\frac{a}{3}$ exprimera celle de la puissance dans le cas du plus grand effet; par conséquent $\frac{a}{11}$ pourra exprimer la vitesse du poids qui étant nommé x , & la puissance P , on aura $P \times \frac{a}{3} = x \times \frac{a}{11}$; mais comme la formule de l'article 854 donne $P = \frac{a a f}{1808}$ substituant la valeur de P dans l'équation précédente, on aura $\frac{a a f}{1808} \times \frac{a}{3} = x \times \frac{a}{11}$ ou $\frac{a a f}{744} = x$ après la réduction, qui est une dernière équation ou formule, dans laquelle il ne s'agit plus que de connoître la vitesse du vent, pour juger de la pesanteur du poids que la machine élèvera dans le cas du plus grand effet & de la situation la plus avantageuse des ailes par rapport à l'axe.

Ayant $f = 170$, & supposant que la vitesse du vent soit de 16 pieds, on aura $a a = 256$; par conséquent $\frac{256 \times 170}{744} = x = 55 \frac{1}{4}$ lb, c'est-à-dire, que les barillets du chapelet pris d'un côté seulement, & qui sont depuis la surface B de l'eau jusqu'au sommet N de la lanterne, ne doivent comprendre ensemble qu'environ 56 lb d'eau pour en élever le plus qu'il est possible, avec le plus de vitesse.

863. Il faut remarquer que plus la hauteur où on voudra élever l'eau sera grande, & moins on en puisera dans le même tems, parce que le chapelet sera plus long; & comme il doit être assujéti à ne porter que la même quantité d'eau, les barils se trouvant en plus grand nombre, il faudra que la lanterne fasse aussi plus de tours pour les vider tous. Or, si l'on suppose qu'il s'agit d'élever l'eau à 15 pieds, & que la circonférence de la lanterne soit de 10 pieds, il faudra qu'elle fasse un tour & demi, pour que tous les barils qui sont depuis B jusqu'en N, puissent se vider dans le canal CD: pendant ce tems, la machine n'aura élevé que 56 lb d'eau, ou ce qui revient au même 37 $\frac{1}{2}$ lb à chaque tour de lanterne. Et, comme les ailes de la machine & la lanterne tournent en même tems, on pourra estimer la quantité d'eau que le chapelet puisera en une heure, dès qu'on sçaura le nombre de tours que les ailes feront pendant ce tems. Car le centre de gravité Q étant éloigné de 6 pieds du centre R de l'axe, décrira à chaque tour une circonférence d'environ 19 pieds; & la vitesse des ailes ne devant être que le tiers de celle du vent; le point Q ne parcourra que 5

*Estimation
de la quan-
tité d'eau
que ce mou-
lin peut é-
lever par
heure.*

pieds 4 pouces par seconde. Il lui faudra donc un peu plus de trois secondes & demie pour décrire une circonférence entière ; mais nous supposons que ce tems suffit, afin d'éviter l'embarras du calcul : cela étant, les ailes feront 17 tours & $\frac{1}{2}$ en une minute, & à peu près 1050 en une heure. Or nous savons qu'à chaque tour de lanterne, le chapelet doit élever $37\frac{1}{2}$ lb d'eau, ainsi multipliant ce nombre par 1050, l'on aura 39375, qui étant divisé par 70, donnent environ 563 pieds cubes, pour la plus grande quantité d'eau que cette machine élèvera en une heure à la hauteur de 15 pieds par un vent de 16 pieds de vitesse par seconde.

La grandeur des ailes des chapelets doit être proportionnée à la hauteur où il faudra élever l'eau.

Après avoir trouvé l'eau qui peut être contenue dans les barils depuis B jusqu'en N, il faut proportionner la grandeur de ces barils à leur nombre, afin que chacun ne contienne à peu près que la quantité qu'il doit élever ; car s'il en contenoit davantage, la machine iroit plus lentement, & la diminution de vitesse n'étant point compensée par une quantité d'eau proportionnée à la perte du tems, la machine ne seroit plus capable du plus grand effet : en un mot, il arriveroit tout ce que nous avons dit des machines mues par l'eau, puisque ceci n'est qu'une suite du premier Volume, articles 589, 595 : car qu'une machine soit mise en mouvement par l'eau ou par le vent, elle ne pourra jamais élever dans l'état de perfection que les $\frac{4}{5}$ de son poids d'équilibre.

Description d'une Machine pour arroser un terrain aride.

PLAN. 3.

864. Voici encore un moulin dans le goût des précédents, pour arroser un terrain aride, qui est assez bien imaginé. La seconde figure est le plan du fond d'un puits creusé à une profondeur convenable pour recevoir les eaux d'un ruisseau ou d'une rivière, c'est pourquoi il répond à un fossé de communication par le petit aqueduc AB. La première figure exprime le profil du puits, & celui de la machine dont il s'agit, le seuil C, sert à loger une crapaudine, dans laquelle tourne un pivot attaché à la femelle D, d'un chassis DEE, composé de deux montans E, assemblés avec les entretoises G ; ces montans vont aboutir à un cylindre de bois F, qui tourne dans un collier HI, ce collier est soutenu & assemblé avec huit pièces K, qui sont enmorteoisées dans une semelle circulaire LM, posée sur le bord du puits, que l'on ne peut bien distinguer que dans la quatrième figure. Cette charpente qui sert à soutenir le sommet de la machine est immobile, mais non pas le chassis DEE, qui tourne en tout sens au gré du vent à l'aide d'une girouette, dont la queue ON, est faite d'une pièce de 4 pouces d'épaisseur sur 12 depuis N jusqu'en P de largeur, posé à plat,

mais la partie PO, est beaucoup plus legere que l'autre NP, qui a besoin d'une certaine force pour être liée avec le cylindre F; cette piece est traversée par les tenons R, des poupées Q, retenues avec des clefs; ces poupées servent à porter l'arbre ST, auquel sont attachées les ailes U: ainsi l'on voit que quand le vent frappe sur la girouette, le chassis DEE, & l'arbre du moulin toutient pour se mettre dans la direction. PLAN. 3.

Au milieu de l'arbre est une molette X, ayant deux canelures paralleles, servant à loger deux cordes ou deux chaînes sans fin, qui passent au travers de la piece NP & du cylindre, l'une & l'autre étant percée d'un trou; ces cordes soutiennent en l'air un tambour *ab*, qui porte un chapelet dont voici l'effet.

Quant l'arbre ST tourne la molette X, il fait tourner en même tems le tambour *ab*, par conséquent le chapelet qui puise l'eau pour la porter en haut, & la répandre dans le corps du tambour, dont la construction est représentée par les figures 9, 10, 11, & 12: la 11^e en est l'élevation vüe en face; la 10^e un profil pris le long de l'axe; la 9^e & 12^e deux autres profils coupés perpendiculairement au même axe. Par ces développemens l'on voit que le tambour est composé de deux molettes CD, percées diametralement d'un trou E, & jointes ensemble par huit ais comme F, formant autant de cellules sans fond qui vont se terminer à la circonférence du trou E, au travers duquel passe un petit canal de cuivre GH exprimé par les figures 6 & 8, qui en font voir le Plan & le profil. Ce canal, qui sert comme d'essieu au tambour, est arrêté à demeure avec les montans E du chassis DEE, qu'il traverse, comme les figures 14 & 16 le font voir; le tambour se place dans l'intervalle CD, des figures 6 & 8, & tourne autour du canal GH, sans presque le toucher, parce qu'il est suspendu aux cordes dont nous venons de parler.

Les extrémités G & H du canal répondent dans la 4^e figure à une rigole Q creusée dans la pierre qui couronne le puits; ainsi l'on voit que le chapelet en tournant répand son eau dans le canal, de-là passe dans la rigole, & ensuite coule dans une gargouille ST, pour être conduite où l'on veut.

La troisième & cinquième figure sont deux elevations différentes de ce moulin l'une en face & l'autre de côté, avec le profil du fossé où se rassemble l'eau & son entrée dans le puits; enfin la 7^e figure est une représentation du petit toit qui couvre l'arbre du moulin & qui tourne avec lui; quant à la 15^e figure elle marque

G ij

l'assemblage des pieces qui composent le collier HI, désigné dans la 5^e & 7^e. Je ne dis rien de la 13^e, qui est un bout de chapelet dont il est aisé de s'imaginer la construction. Je n'ai pas cru qu'il fut nécessaire de calculer l'effet de cette machine, le grand nombre des exemples de même espece ne faisant qu'enfler un livre mal à propos.



3.^e et 5.^e figure.

10

15 Pieds.

Dessein d'une machine
pour Elever l'Eau par
le moyent du vent.



Fig. 4.

en d'un Moulin a vent,
re voir l'angle que
doivent former

Goutiere pour la conduite
de l'Eau.

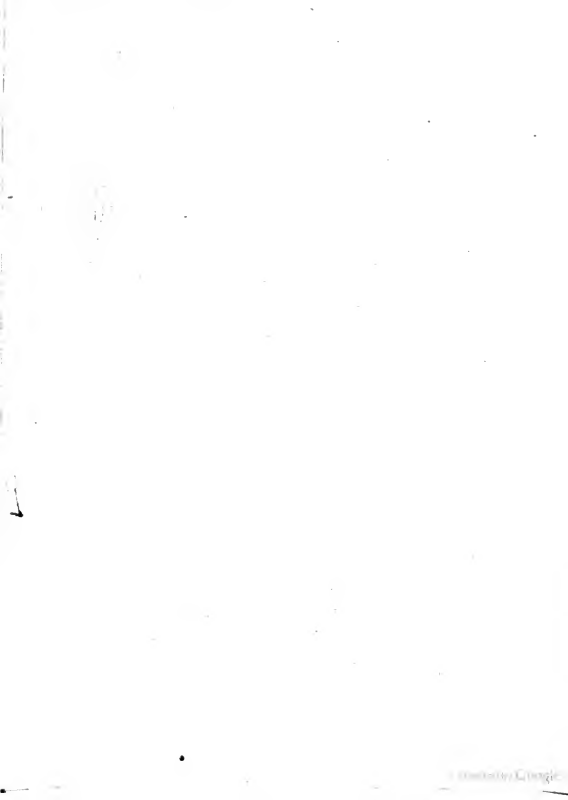
O

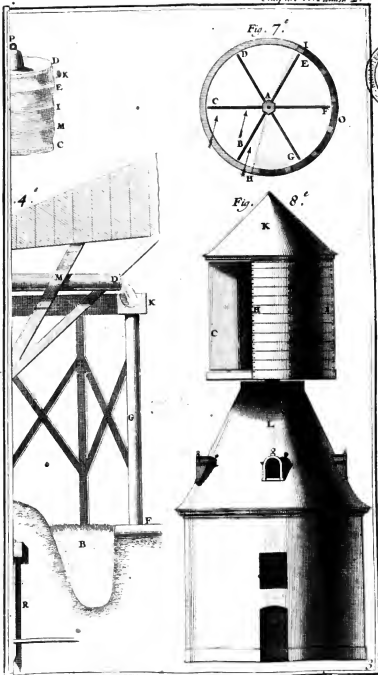
P

Q

F

2





Sur un terrain aride .



Girouette.

Fig. 5^e

Fig 4.

Bord

du puis.

Fig. 8.

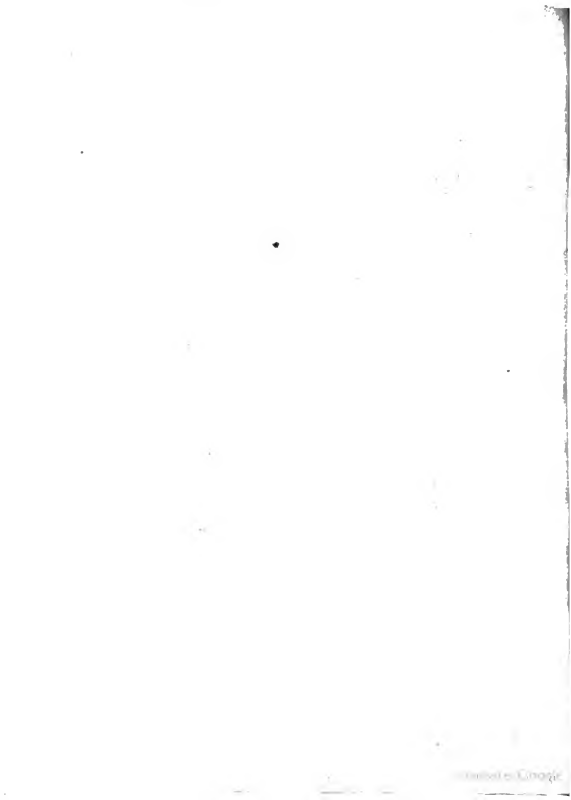
Fig. 12.6

Fig. 16.

Echelle pour les figures 1 2 3 4 5^e 5^e

Echelle pour les figures 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Pieris



C H A P I T R E I I I.

Où l'on donne une Description générale des Pompes de toutes sortes d'espèces, avec un examen de ce qui peut contribuer à les rendre parfaites.

Les Pompes sont devenues si nécessaires par les commodités qu'elles procurent, & le sujet est par lui-même si intéressant, qu'on peut regarder ce chapitre, comme un de ceux de cet Ouvrage, qui mérite le plus d'attention. On y trouvera un examen de toutes les pompes qui ont été imaginées jusques ici; je m'y suis appliqué d'autant plus volontiers, que je ne crois pas que personne ait pris ce soin d'une manière assez instructive, pour satisfaire ceux qui aiment que les choses soient traitées avec exactitude, & qui ne s'en tiennent pas aux usages, que les gens qui n'ont que la simple pratique se sont faits, sans rechercher si telles ou telles parties d'une pompe ne sont pas susceptibles d'une plus grande perfection.

De quelque manière que l'on fasse agir ces sortes de machines, elles peuvent toutes se réduire à trois espèces principales : sçavoir, la *Pompe aspirante*, la *Pompe refoulante*, & celle qui est en même tems, *aspirante & refoulante*.

865. La *Pompe aspirante simple* est composée de deux tuyaux AB, CD, dont le diamètre du second est beaucoup plus grand que celui du premier; ces deux tuyaux sont unis par deux espèces de rebords EF, que l'on nomme *brides*, qui ont été fondues avec les tuyaux mêmes; ces brides sont percées de quatre trous pour y passer des vis CC, qui s'ajustent dans des écroux; & pour serrer plus intimement ces brides l'une contre l'autre, on met entre deux des *rondelles* de cuir. Le tuyau AB qui trempe dans l'eau YZ, qu'on veut élever, se nomme *tuyau d'aspiration*; son extrémité est un peu évasée par le bas, pour que l'eau s'y introduise mieux; & à l'endroit AA, est une plaque de tôle percée d'un nombre de trous, pour que l'eau en montant n'entraîne point d'ordure. Le tuyau CD qui est ordinairement de cuivre ou de potain, se nomme *corps de pompe* que l'on fait intérieurement fort poli, parce que c'est-là dedans que joue le piston dont il convient de diminuer le frottement le plus qu'il est possible.

PLAN. IV.

FIG. 1.

Description
d'une Pom-
pe aspira-
nte.

Explication
du Piston de
la Pompe
aspirante.

PLAN. I.

866. Le piston de cette pompe est une espece de cone tronqué renversé OKPL, dont la grande base est entourée d'une bande de cuir, clouée par une ou deux rangées de cloux posés près-à-près; cette bande doit être un peu évalée en entonnoir du côté du Ciel, & entrer avec peine dans le corps de pompe quand on y introduit le piston, dont le diametre doit être de deux lignes plus petit : ces sortes de pistons se font de bois de *charme* ou d'*aune*, étant moins sujets à se fendre que les autres; on frette leurs deux bases avec des *cercles* de fer, afin qu'ils durent plus long-tems. Ce piston est percé d'un trou, MKL, le long de son axe, que l'on ferme d'une *soupape* N, faite de cuir attachée sur le bois par une queue servant de charniere; cette soupape quand elle est abatur, doit déborder d'un demi ponce le pourtour du trou, & pour le fermer plus exactement, on la charge d'une plaque de plomb; enfin le piston a une queue, OQP, faite du même morceau de bois dont il est composé, évuidée en forme d'arcade, ORP, à laquelle est attachée une *tige* de fer, R 4; on a représenté en particulier ce piston sur la planche 3 par les figures 11 & 12.

Détail de la
soupape qui
se place au
fond d'un
corps de
pompe.

PLAN. I.

FIG. 1. 2.

3. & 4.

867. Dans le milieu EF, de la jonction du corps de pompe, & du tuyau d'aspiration, est un autre trou H, fermé par une seconde soupape G, qui se trouve développée par les figures 2, 3, & 4, auxquelles je m'arrêterai un moment. Le tuyau d'aspiration AB, est uni à une plaque de cuivre représentée par la quatrième figure, l'un & l'autre ayant été fondu en même tems; cette plaque est percée dans le milieu du trou H, dont nous avons déjà fait mention, & le diametre EF excédant celui du tuyau d'aspiration, la partie excédante forme une couronne que nous avons appelée *bride*, dont la largeur est exprimée par l'intervalle EG, & IF, de deux cercles concentriques. C'est sur cette couronne que l'on applique une rondelle de cuir NKL, échancrée de N en L, pour loger la queue de la soupape, comme on le peut voir dans la figure troisième, où il est aisé de distinguer le morceau de cuir qui compose la soupape, qu'on a exprimé d'une teinte un peu plus forte que le reste. On remarquera que son diametre est plus petit que GI, & plus grand que celui du trou H, afin qu'il puisse le fermer exactement. La seconde figure montre que si l'on applique le rebord du corps de pompe sur la troisième, la queue N, de la soupape, & la rondelle de cuir OQP, se trouveront enfermées entre les deux brides, que l'on serre l'une contre l'autre, à l'aide des vis & des écroues, comme nous l'avons dit plus haut.

Il faut que le morceau de fer ou de cuivre R, dont la soupape

est chargée, pour lui donner du poids, afin qu'elle se ferme plus promptement, ait aussi une forme circulaire, & que son diamètre excède un peu celui du trou H; sur tout quand il est question des pompes refoulantes; afin que la grande pression que la soupape est obligée de souffrir, ne la fasse pas plier.

868. Quand on leve le piston, il laisse un grand vuide dans l'espace ISTG, où il ne reste qu'un air extrêmement dilaté; alors celui du tuyau d'aspiration n'étant plus en équilibre avec celui du corps de pompe, (814) élève par la force de son ressort la soupape G, qui fermoit la communication des deux tuyaux, se dilate dans l'espace ISTG, & se met au même degré de raréfaction; depuis la surface de l'eau, jusqu'au dessous de la base ST du piston: son ressort se trouvant affoibli, donne lieu au poids de l'atmosphère, qui presse sur la surface YZ de l'eau, de la faire monter dans le tuyau d'aspiration (790) jusques à une certaine hauteur, qui n'est pas bien grande au premier coup de piston; car l'eau ne peut monter dans le tuyau, sans condenser l'air qui s'y trouve; parce qu'elle le réduit dans un espace plus petit, que celui où il étoit, de toute la capacité dont elle occupe la place. Aussi l'eau monte-t-elle au commencement plus vite que sur la fin, parce qu'à mesure qu'elle chasse l'air en avant, elle le condense davantage, & devient elle-même en partie la cause de l'obstacle qui l'empêche de monter plus haut; car si elle s'arrête par exemple à la hauteur de trois pieds au-dessus de la source, & qu'on suppose le poids de l'atmosphère équivalent à celui d'une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur, il arrivera (814) que le ressort de l'air resté dans la pompe, est encore capable de soutenir une colonne d'eau de 28 pieds, après la condensation causée par l'eau qui est montée.

Si l'on fait descendre le piston, la soupape G, se refermera, l'air contenu dans l'espace ISTG, se trouvant comprimé de plus en plus, à mesure que le piston descendra, son ressort acquerra une force au-dessus du poids de l'atmosphère, (812) levera la soupape N, & s'échappera par le trou KLM. Alors si on leve le piston tout de nouveau, la soupape N se refermera, & l'air du tuyau AB se dilatera dans l'espace IT, le poids de l'atmosphère fera monter l'eau encore plus haut qu'en premier lieu; en fin continuant de faire jouer le piston, l'eau parviendra dans le corps de pompe jusqu'à une certaine hauteur ζ , δ ; & l'espace I, S, T, G, du corps de pompe se trouvera remplie en partie par l'eau & par l'air, qui sera réduit dans l'espace ζ , S, T, δ ; mais faisant descendre le piston, la soupape C se refermera, ce qui restoit d'air dans le

*De quelle
maniere le
poids de
l'atmosphère
fait monter
l'eau
dans les
Pompes.*
PLAN. 1.
FIG. 1.

corps de pompe, fera contraint de passer à travers le piston avec une partie de l'eau, qui étant une fois montée au-dessus de la soupape N, il n'y aura plus du tout d'air au dessous, c'est alors que l'eau l'accompagnera en montant jusqu'à la hauteur ST. Faisant descendre le piston, l'eau du corps de pompe, se trouvant refoulée, passera au-dessus, & lorsqu'on le fera remonter, elle ira se dégorgier dans la cuvette VX, pour être distribuée où on se jugera à propos; ainsi on voit que tout le jeu de cette pompe se fait par l'action de l'air extérieur, (790) & le mouvement des deux soupapes N & G, qui s'ouvrent & se ferment alternativement.

*Manière de
calculer la
hauteur où
l'eau peut
monter par
aspiration,
à chaque
coup de pis-
ton.*

869. Si l'on veut savoir à quelle hauteur l'eau montera dans le tuyau d'aspiration, au moment de la première élévation du piston, aussi-bien qu'à toutes les autres suivantes, tant qu'elle soit parvenue à une hauteur déterminée dans le corps des pompes; il faut commencer par chercher la capacité du tuyau d'aspiration, γ compris l'espace vuide qui se trouve au-dessous de la soupape N, lorsque le piston est arrivé au plus bas du fond du corps de pompe, qu'il ne touche jamais à cause du relief de la soupape G. Le trou KLM laisse encore un espace rempli d'air qu'on doit considérer aussi comme faisant partie du tuyau d'aspiration, dont la capacité fera par conséquent exprimée par le volume d'air, qui est depuis la surface de l'eau, jusques au-dessous de la soupape N, qu'il faudra diviser par la superficie du cercle intérieur du tuyau d'aspiration, afin d'avoir la hauteur qu'auroit ce tuyau, s'il étoit uniforme d'un bout à l'autre. Il faut de même chercher l'espace que le piston parcourt, & le diviser par la superficie du cercle du tuyau d'aspiration, alors le quotient exprimera la hauteur du vuide du corps de Pompe, réduit en un tuyau de même diamètre, que celui d'aspiration; & le rapport de ce quotient & du précédent, sera le même que celui du vuide du corps de pompe à la capacité du tuyau d'aspiration. Pour rapporter ces deux termes à une application qui puisse servir d'exemple, nous supposons qu'on a trouvé 26 pieds pour le premier quotient, & 6 pieds pour le second, ajoutant ces deux nombres ensemble, on aura 32 pieds, qui exprimeront la capacité du tuyau d'aspiration, avec celle du vuide causé par l'élévation du piston, ainsi l'air naturel renfermé dans le tuyau d'aspiration, est à la dilatation où il se trouve après avoir élevé le piston pour la première fois, comme 26 est à 32 (801.)

Nous supposons que c , exprime le poids de l'atmosphère équivalant à une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur; x , la hauteur où doit s'élever l'eau dans le tuyau d'aspiration au premier coup de

de piston, que $26 = a$, & $32 = b$. Cela posé, quand on aura levé le piston, la dilatation de l'air exprimée par b , seroit en équilibre avec la colonne c , moins la hauteur de l'eau qui sera montée dans le tuyau d'aspiration, c'est-à-dire avec $c - x$, si l'eau qui monte dans le tuyau d'aspiration ne diminueoit pas le volume de l'air, de toute la capacité dont elle occupe la place ; car comme nous venons de remarquer dans l'article 868, l'eau chassera l'air en avant ; ainsi la dilatation de cet air ne sera plus exprimée par b , mais bien par $b - x$: c'est donc avec cette quantité que la colonne $c - x$, sera en équilibre ; mais par les articles 814, 815, l'on sçait que le produit de l'espace qu'occupe l'air, par la charge qu'il soutient, est toujours égal au produit de l'espace dans lequel il s'est dilaté, par le poids dont son ressort est capable alors ; c'est pourquoi le produit du volume de l'air naturel du tuyau d'aspiration par 31 pieds d'eau qui est ac , sera égal à celui de $b - x$ par $c - x$, qui donne $ac = bc - cx - bx + xx$; & supposant $c + b = 2d$, on aura $ac - bc = xx - 2dx$, ou $ac + dd - bc = dd - 2dx + xx$, ou enfin $x = d - \sqrt{ac + dd - bc}$, qui fait voir qu'au premier coup de piston, l'eau montera dans le tuyau d'aspiration à la hauteur d'environ trois pieds un pouce 4 lignes. On trouvera de même à quelle hauteur elle montera après chaque coup de piston, & combien il en faut donner avant que l'eau commence à se rendre dans la cuvette ; mais c'est à quoi je ne m'arrêterai pas davantage, ces recherches étant plus curieuses, qu'utiles dans la pratique ; il me suffit d'en avoir donné l'introduction.

870. A l'égard des Pompes refoulantes, leurs parties sont les mêmes que celles des aspirantes, n'y ayant de différence que dans leur position, comme on en peut juger par la figure cinquième, où l'on voit que le corps de la Pompe ABCD, trempe dans l'eau qu'on veut élever, dont la surface est exprimée par la ligne 2, 3 ; il est uni à un tuyau montant BGHC, à l'aide des brides & des vis : ce tuyau est composé de deux pièces ; la première BEFC, est contournée de manière à ne point faire obstacle au mouvement du chassis de fer TXYV, qui porte la tige N du piston M ; & la seconde EGHF dont la grosseur est uniforme, conduit l'eau à l'endroit où on veut l'élever.

Le piston de cette Pompe diffère peu de celui de la figure première, étant percée de même d'un trou L, couvert d'une soupape K ; toute la différence est qu'il est posé le haut en bas ; sa tige NO étant attachée au travers RS & TV du chassis, lequel est suspendu à la pièce Z, qui est censée répondre à un balancier, ou

*Description
d'une Pom-
pe refoulan-
te plongée
dans l'eau.*

PLAN. I.

FIG. 5.

*Détail du
piston d'une
Pompe re-
foulante.*

à une manivelle : les figures 9 & 10 de la Planche troisième, sont voir ce piston représenté selon deux sens différens.

Quelquefois le corps de Pompe est de deux pieces, afin d'évaser celle d'en bas APDQ, pour faciliter l'entrée du piston, & donner plus d'aisance à l'eau de monter ; c'est ainsi qu'on en a usé dans la construction des Pompes de Lyon, mais on peut le faire tout d'une piece, & se contenter d'en évaser la partie inferieure dans l'épaisseur du métal, comme on l'a pratiqué aux Pompes de Notre-Dame & de la Samaritaine à Paris, dont nous ferons mention dans la suite. Quant à la partie supérieure du corps de Pompe, on voit qu'elle est percée d'un trou couvert d'une soupape I, dont voici l'effet, qui est celui de la Pompe même.

*Explication
de l'effet de
cette Pom-
pe.*

871. Il faut d'abord s'imaginer que le piston est au haut du corps de Pompe ; quand il descendra pour la première fois, il laissera un espace vuide, où il ne pourra y avoir qu'un air extrêmement dilaté, provenant de celui qui étoit entre les soupapes I & K ; alors l'eau dont il veut occuper la place sera poussée de bas en haut par les colonnes collaterales, aidées du poids de l'atmosphère ; (790) la soupape K s'ouvrira, l'eau passera au travers du piston, montera dans le corps de Pompe, & chassera en avant l'air qui y étoit resté, qui se réduira à peu près dans l'état où il étoit auparavant ; mais aussitôt que l'on fera remonter le piston, la soupape K se refermera, & l'eau qui est au-dessus étant refoulée de bas en haut, ouvrira la soupape I, & passera avec l'air du corps de Pompe dans le tuyau montant : le piston venant à descendre, le poids de l'eau renfermée dans le tuyau montant, refermera la soupape supérieure, & le vuide qui se formera dans le corps de Pompe, sera successivement rempli d'eau, à mesure que le piston descendra ; ce qu'elle fera avec d'autant plus de liberté, qu'elle ne rencontrera d'autre obstacle, que celui que peut causer le poids de la soupape K, qui est peu de chose : enfin, lorsque le piston montera, l'eau dont il sera chargé passera de nouveau dans le tuyau montant, & continuant la même manœuvre un certain nombre de fois, elle parviendra dans le réservoir où on veut l'élever.

*Description
des Pompes
aspirantes
& refou-
lantes.*

872. Après l'idée que je viens de donner des Pompes de la première & de la seconde espece, il sera aisé de juger de l'effet de la troisième, c'est-à-dire de la Pompe *aspirante & refoulante*. La figure sixième montre qu'elle est composée d'un corps de Pompe ABCD, d'un tuyau d'aspiration CDEF, & d'un autre montant GKN O, lequel est fait de trois pieces : la première GK est supposée avoir

FIG. 6. été coulée avec le corps de Pompe ; la seconde IKLM sert à for-

mer le coude que ce tuyau doit avoir, & la troisiéme LNOM, à faire monter l'eau au réservoir: à l'endroit de la jonction IK, est une soupape pendante S, en forme de clapet, qui s'ouvre & se ferme alternativement avec la soupape R, qui est au fond du corps de Pompe: la première S, sert à retenir l'eau qui est passée dans le tuyau montant, pour l'empêcher de descendre dans le tems de l'aspiration, comme on le va voir.

873. Le piston PQTV de cette Pompe est massif, & traversé d'une tige de fer arrêtée par deux clavettes; il ressemble à deux cônes tronqués égaux & semblables, qu'on auroit unis par leurs petites bases: chacun de ces cônes est garni d'une bande de cuir évalée d'un sens contraire.

*Étail du
piston de
cette Pom-
pe.*

Comme le piston ne doit point descendre plus bas qu'à l'endroit TV, parce qu'autrement il boucheroit l'entrée GH du tuyau montant; on voit que d'abord il y a de l'air grossier enfermé dans l'espace XTZ, sans qu'on puisse l'empêcher, quoique ce soit un défaut essentiel comme nous le ferons voir ailleurs. Ainsi quand on leve le piston pour la première fois, cet air se dilate dans le corps de Pompe, & cesse d'être en équilibre avec celui du tuyau d'aspiration, qui leve la soupape R par la force de son ressort pour se dilater aussi, ce qui laisse à l'eau la liberté de monter de quelques pieds, comme on l'a expliqué dans l'article 868. Alors la soupape S reste fermée, & ne pourroit même s'ouvrir qu'avec difficulté, parce que l'air du tuyau montant dont elle est pressée, a plus de ressort que celui qui se trouve du côté de Z; mais le piston venant à descendre, la soupape R se referme, l'air contenu dans le corps de Pompe étant refoulé de plus en plus, acquiert une force de ressort au-dessus de celui qui appuie contre la soupape S, laquelle s'ouvre, & l'air du corps de Pompe passe dans le tuyau montant, tant que de part & d'autre ils soient en équilibre. Ensuite faisant remonter le piston, la soupape S se referme, l'autre R s'ouvre, l'air du tuyau d'aspiration se dilate de nouveau, & est refoulé ensuite dans le tuyau montant. Continuant la même manœuvre, l'eau parvient enfin dans le corps de Pompe, où elle se trouve mêlée avec l'air qu'on n'a pu épuiser, qui est ensuite chassé avec une partie de l'eau par la descente du piston, l'un & l'autre passant dans le tuyau montant, & c'est après cela que celle d'en bas monte sans difficulté dans le corps de Pompe, où elle accompagne le piston jusqu'en haut, pour être refoulée dans le tuyau montant, où elle est retenue dans le tems que le piston aspire de nouveau.

*Situation
différente
qu'on peut
donner aux
tuyaux d'as-
piration des
Pompes af-
pirantes &
refoulantes.*

FIG. 7.

874. Les Pompes de la troisième espèce, peuvent être variées de plusieurs manières dans leurs constructions, qui ont chacune leurs avantages & leurs défauts, que nous examinerons après avoir montré les différentes situations qu'on peut donner aux tuyaux d'aspiration & aux tuyaux montans, par rapport aux corps de Pompe.

Dans la figure septième on voit que le tuyau d'aspiration CDE, est dégagé du corps de Pompe auquel il est uni vers le haut, afin que le piston A qui ne diffère en rien du précédent, sinon que sa tige est portée par un châssis, puisse refouler l'eau de bas en haut, au lieu que dans l'autre il la refoule de haut en bas; car l'on voit bien que lorsqu'il baïssera pour la première fois, il formera un vuide dans lequel se dilatera l'air naturel renfermé dans l'espace CB; alors celui du tuyau d'aspiration ouvrira la soupape C, & viendra se répandre dans le corps de Pompe, faisant remonter le piston, la soupape F s'ouvrira, & la plus grande partie de l'air fera refoulée dans le tuyau montant G; continuant à aspirer & à refouler, l'eau parviendra enfin dans le corps de Pompe & montera dans le tuyau G, ce qui est aisé à entendre par ce qui a été dit ci-devant.

*Description
des Pompes
du Pont
Noire-Dame
à Paris.*

FIG. 8.

875. Les Pompes de la troisième espèce ont quelque fois deux pistons, dont l'un aspire l'eau tandis que l'autre la refoule pour la faire monter; telles sont les pompes du Pont Notre-Dame à Paris, dont la figure huitième représente l'effet: d'abord il y a un corps de Pompe AB uni avec le tuyau d'aspiration EF, ayant une soupape Y, à la jonction comme à l'ordinaire, ce corps de Pompe dégorge son eau dans une bache HG, d'où elle est ensuite reprise par l'autre piston O, pour être refoulée dans le corps de Pompe PQ; & delà dans le tuyau montant RS, qui aboutit au réservoir. Je crois qu'il n'est pas besoin de dire que les tiges M & N des pistons sont attachées à la traverse KL du châssis CD, qu'elles font jouer en cette sorte.

Lorsque le châssis monte, l'eau de la rivière passe dans le tuyau d'aspiration EF par la pression de l'air extérieur, (790) & levant la soupape Y, monte dans le corps de pompe AB que le piston I a laissé vuide, & quand le châssis descend la soupape X s'ouvre, & l'autre Y se ferme, & toute l'eau du corps de pompe passant au travers du piston O en descendant laisse un espace vuide dans le corps de pompe PQ; alors l'air qui presse sur la surface HW de l'eau de la bache, fait lever la soupape T, & le corps de pompe se remplit; peu après le piston venant à remonter, la soupape T se

referme, force l'eau d'ouvrir l'autre V, passe dans le tuyau RS, qui se referme aussi-tôt que le piston descend : ainsi l'on voit que la cuvette reste toujours pleine, le piston I aspirant autant d'eau que l'autre O en refoule : il est même à propos de donner quelques lignes de plus au diamètre du corps de pompe d'en bas qu'à celui d'en haut, afin qu'il y aye toujours plus d'eau dans la bache qu'il n'en peut monter, pour survenir à la dépense de celle qui se perd.

876. Voici encore une autre sorte de pompe qui appartient à la troisième espece, exécutée à la Machine de Marly; d'abord il est question d'un tuyau de communication HLMKIFDCEG, d'une seule piece dont l'un des bouts GH est uni avec un tuyau d'aspiration NO, qui trempe dans l'eau; l'autre LMK qui est fait en retour d'équerre aboutit au tuyau montant KSM, qui porte l'eau sur la montagne au premier réservoir; dans le milieu est une branche ECDF, entée avec le corps de pompe ABCD, dans lequel agit le piston Q, parfaitement cylindrique & massif, traversé par la tige VY, suspendu à une *bille* pendante, qui lui donne le mouvement comme nous le serons voir ailleurs.

À l'égard de l'effet de cette pompe, l'on voit que quand le piston monte jusques en T, l'air de la partie PX se dilate dans l'espace YZ; celui du tuyau d'aspiration NO, ouvre la soupape P, & se répand avec le précédent, & la soupape R reste fermée par l'action du poids de l'atmosphère; mais quand le piston baisse, la soupape P se referme, l'autre R s'ouvre, & l'air est refoulé dans le tuyau S; lorsqu'après un certain nombre de coups de piston, l'eau est enfin parvenue dans le corps de pompe, elle est refoulée dans le tuyau montant S.

877. La cinquième figure est encore une pompe aspirante & refoulante, exécutée en Angleterre sur le bord de la Tamise à *York-buildings*, à la fameuse machine qui élève l'eau par le moyen du feu. Le tuyau d'aspiration AB est uni au corps de pompe CDEF, comme à l'ordinaire; ayant une soupape M à l'endroit de jonction. Le tuyau montant FGKL est aussi accompagné d'une soupape N, pour fermer la sortie IH de la partie coudée GI. Jusques là cette pompe ressemble assez à celle qui est exprimée par la sixième figure de la Planche deuxième, mais le reste en est tout différent; le piston OPQ est un cylindre creux de cuivre qu'on remplit de plomb, pour lui donner un poids capable de refouler l'eau qui doit passer dans le tuyau montant; & comme la hauteur de cette eau pourroit être telle que le poids du piston ne suffiroit pas, on le surcharge avec des tables de plomb marquées T, qu'on

PLAN. 2.

FIG. 13.

Description
d'une Pom-
pe de la Ma-
chine de
Marly.

PLAN. 2.

Description
d'une Pom-
pe exécutée
en Angle-
terre, à la
Machine
qui élève
l'eau par le
moyen du
feu.

FIG. 15.

enfile dans la verge V, en aussi grand nombre qu'il est nécessaire; c'est pourquoi la tête du piston qui n'entre point dans le corps de pompe, a une figure quarrée d'une capacité suffisante pour servir de bafe au poids T.

Détail du
piston de
cette Pom-
pe.

878. Pour éviter le frottement du piston contre la surface intérieure du corps de pompe qui seroit considérable, s'il avoit lieu sur toute son étendue, on a donné au diametre du piston deux ou trois lignes de moins qu'à celui du corps de pompe, afin de laisser un intervalle entre deux. Cependant pour empêcher la communication de l'air extérieur qui seroit un obstacle à l'aspiration, & qu'en refoulant, l'eau ne sorte par l'entrée CD du corps de pompe, l'on a disposé cette entrée d'une manière fort simple & fort ingénieuse, mais qu'on ne peut bien entendre qu'avec le secours de la figure seizième qui n'est autre chose que la partie CD mise en grand.

FIG. 16.

L'entrée LL du corps de pompe est accompagnée d'un rebord KL, qui regne tout autour, & coulés ensemble comme sont les brides; sur le rebord sont appliquées deux ou trois rondelles de cuir EFG, repliées autour de la surface intérieure du corps de pompe; ensuite est un anneau de cuivre dont le diametre du petit cercle tient un milieu entre celui du piston, & celui du corps de pompe; là-dessus sont posées d'autres rondelles de cuir ABZ, repliées comme les précédentes, mais d'un sens opposé, le tout recouvert d'un second anneau de cuivre HH, dont le petit diametre I, I, est égal à celui du corps de pompe; cet anneau est lié avec le rebord KL, par des vis CD, ajustées dans leurs écroties.

FIG. 15.
& 16.

Ainsi l'anneau du milieu sert de guide au piston qui ne touche qu'au cuir ZG, avec lequel il est intimement uni; car comme il y a toujours de l'eau dans la cuvette XY, le cuir se maintient renflé, cette eau ne pouvant s'écouler, empêche que l'air extérieur, ne puisse s'introduire dans le corps de pompe, & cela de la manière du monde la plus commode; puisqu'on peut quand il est nécessaire renouveler les cuirs, & maintenir la pompe en bon état, sans être obligé de démonter aucune de ces parties.

Pour que l'eau de la pompe même puisse entretenir la cuvette pleine, on a ajouté un petit robinet R, qui a communication avec le corps de pompe, & qui est fermé par une clef S, comme aux fontaines ordinaires. Quand le piston refoule à cause du jeu qu'on lui a donné, l'eau monte dans le robinet, & quand on veut qu'elle se rende dans la cuvette, on ne fait que tourner la clef S; & comme la violence avec laquelle elle est poussée par l'effort du piston, la feroit jaillir avec impetuosité, on lui a opposé une plaque de

cuivre Z, portée par quatre branches, liées ensemble comme la figure le montre. Ce robinet sert encore au commencement de l'aspiration, pour chasser l'air de la pompe plus promptement que s'il étoit obligé de sortir par le seul tuyau montant; on ouvre & ferme la clef S, alternativement quand le piston monte & descend, comme à la machine du vuide.

879. Dans tous les desseins de pompe qu'on vient de décrire, on a dû s'appercevoir que l'eau ne passoit dans le tuyau montant que par intervalle, c'est-à-dire quand le piston refouloit, & que le tems de l'aspiration étoit un tems perdu; c'est pourquoi aux grandes machines qui servent à élever l'eau, il y a toujours au moins deux corps de pompe séparés A & B, qui répondent au même tuyau montant C par des branches D & E qui s'y réunissent; alors tandis que le piston F aspire, l'autre G refoule, & l'eau ne cesse de monter. C'est ainsi que sont exécutées les pompes de la Samaritaine à Paris, dont le profil pris dans un autre sens est représenté par la quatorzième figure, où l'on remarquera que les soupapes des corps de pompe sont à *coquille*, comme on en peut juger par les figures 18 & 19. Monsieur de la Hire le fils, pour ne pas multiplier les êtres, a imaginé une Pompe rapportée dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1716, avec laquelle l'eau monte continuellement, quoiqu'elle n'aye qu'un seul corps de pompe; mais comme elle m'a paru fort composée & sujette à plusieurs inconveniens, je n'en fais point la description, aimant mieux celle qui suit, dont l'objet est le même.

880. La figure vingtième montre que cette Pompe est composée d'un tuyau CAB, partagé en deux parties égales AB & AC, formant deux corps de pompe opposés qui aboutissent à une même branche QDR, à laquelle ils communiquent par deux trous G & H, comme on en peut juger par la figure vingt-troisième, qui représente ces deux trous vus en face, étant un profil pris entre BC & QD, par lequel l'on voit qu'à ce bout cette branche est elliptique, de même que les deux trous G & H, qui s'ouvrent & se ferment alternativement par une seule soupape qui leur est commune. Pour la bien entendre, il faut s'imaginer un soufflet ouvert dont on auroit supprimé le canon & les deux poignées, & dont les ailes seroient elliptiques, formant ensemble un angle de 60 degrés, comme les figures 21 & 24 le représentent, faisant voir cette soupape de deux sens différens, l'un en face, & l'autre de côté. La vingt-deuxième est un profil coupé dans le milieu de la vingt-unième; cette soupape est toute de *cuivre*, on la fait massive ou creuse

*Description
des Pompes
de la Samaritaine
à Paris.*

PLAN. 2.

FIG. 17.

*Description
d'une Pompe
qui fait
monter
l'eau sans
interrup-
tion.*

PLAN. 2.

selon la grandeur, puisqu'il est seulement question de la rendre solide : on voit dans la figure vingtième qu'elle joue à l'aide d'une charnière placée à l'endroit E, entre les deux trous G & H, où est son centre de mouvement ; & si l'on prend garde aux lettres semblables qui répondent aux parties relatives des figures 20, 21, 22, 23 & 24, on n'aura point de difficulté à comprendre ce que j'ai voulu insinuer.

Le châssis ZY porte deux pistons qui agissent d'un sens opposé ; car si l'on conçoit la machine plongée dans l'eau jusqu'à la hauteur TV qui en exprime le niveau, l'on verra que quand le châssis monte, la soupape N du piston M s'ouvre, que l'eau entre dans le premier corps de pompe AB ; que celle qui se trouve renfermée dans le second AC, étant refoulée par le piston X, passe par le trou H dans le tuyau montant, soutient la soupape F dans la situation où elle est présentement, & tandis qu'elle glisse le long de la face EK, l'autre EI s'appuie contre l'orifice du trou G, qu'elle maintient fermé ; mais aussi-tôt que le châssis descend, la soupape N se referme, l'autre L s'ouvre, & celle du milieu change de situation ; l'eau qui se trouve dans le corps de pompe AB, passe par le trou G, pour être refoulée à son tour dans le tuyau montant, alors le trou H est fermé par la face EK. D'un autre côté il entre dans le corps de pompe AC de la nouvelle eau qui vient occuper le vuide laissé par le piston, pour être refoulée à son tour comme auparavant ; ainsi on voit qu'elle passe alternativement par les trous G & H, & monte sans interruption au réservoir : comme elle passe sans cesse par le trou P, il semble que la soupape O est assez inutile ; mais n'incommodant point, il n'y a pas d'inconvénient qu'elle y soit, parce que si le jeu d'un des pistons venoit à être interrompu, l'autre seroit toujours monter l'eau comme aux pompes refoulantes ordinaires.

Ayant dessein de donner une idée des différentes pompes qu'on peut mettre en usage, en voici encore une que j'ai ajusté à mon gré, qui fait monter l'eau sans interruption comme la précédente, mais d'une manière plus simple.

PLAN. 2.
FIG. 25.

*Description
d'une Pompe
qui joue
à l'aide de
la conden-
sation de
l'air.*

881. Le corps de pompe DB est uni à un récipient de cuivre XYZ, de figure cylindrique, couvert d'une calotte Y en forme de demi-sphère : ces deux pièces se communiquent par un trou G, qui s'ouvre & se ferme à l'aide de la soupape H, faite de cuivre en manière de clapet : le tuyau d'aspiration AD répond au corps de Pompe, & le tuyau montant ZW au récipient ; l'un & l'autre accompagné de leurs soupapes F & V, comme à l'ordinaire. Le piston

piston C qu'on suppose massif, joue à l'aide d'un chassîs qui en soutient la tige que l'on n'a point fait voir, crainte d'embroûiller la figure; à cela près, voici de quoi il est question.

Quant après plusieurs coups de piston, l'eau est parvenu e dans le tuyau d'aspiration au-dessus de la soupape F; elle passe de-là dans le corps de pompe pour être refoulée de bas en haut; & lorsque cela arrive pour la première fois, elle va se rendre dans le récipient & dans la branche IT, au-dessus du trou I, à une hauteur ET, à peu près au même niveau; alors l'air renfermé dans l'espace 2, 3 & 4, ne peut s'échapper par aucun endroit; le piston continuant d'aspirer & de refouler de nouvelle eau, une partie passe dans le tuyau montant, & l'autre reste dans le récipient; ce qui augmente le ressort de l'air de plus en plus, à mesure qu'il se trouve réduire dans un moindre espace; (811) car il est bon de remarquer que le trou G par où l'eau entre, étant plus grand que l'autre I par où elle sort, le piston en refoule toujours plus qu'il n'en peut passer dans le même tems par le tuyau montant. Comme la soupape H se referme à chaque fois que le piston descend, quand l'air du récipient a acquis une force de ressort, au-dessus de celle qui le mettroit en équilibre avec un poids égal à celui d'une colonne d'eau qui auroit pour base le cercle du récipient, & pour hauteur celle du tuyau montant, l'air fait effort sur la surface de l'eau, & l'oblige à descendre du niveau 5, 6, au niveau 7, 8, en la refoulant dans le réservoir, & le diamètre du récipient étant beaucoup plus grand que celui du tuyau montant, il suffit que la surface de l'eau descende de quelques pouces, pour en fournir autant qu'il en peut passer au réservoir dans le tems de l'aspiration; ainsi elle montera sans interruption, puisqu'il suffit que le piston à chaque fois qu'il refoule, chasse deux fois autant d'eau qu'il en peut passer dans le même tems par le trou I.

Pour que l'air se maintienne toujours à peu près au degré de condensation le plus convenable, & qu'il n'acquiesse pas plus de force de ressort qu'il n'en faut, il est à propos que le récipient réponde à un petit tuyau fermé par une soupape, qui étant chargée d'un poids proportionné à la force de ressort que l'air doit avoir, maintienne l'équilibre.

882. Il y a plusieurs remarques à faire sur les propriétés des différentes espèces de Pompes dont on vient de parler; sçavoir, que les cuirs des pistons & des soupapes ne font leurs effets que très-imparfaitement, lorsqu'ils viennent à se sécher dans les grandes chaleurs, ou quand les Pompes ne jouent pas continuellement,

*Reflexions
sur les avan-
tages & les
défauts des
pompes pré-
cédentes,*

PLAN. 1.
& 2.

ce qui oblige de verser de l'eau dessus par le haut de la pompe pour les humecter, particulièrement aux Pompes aspirantes, exprimées par la première figure. Les Pompes aspirantes & refoulantes ne sont pas non plus tout-à-fait exemptes de cet inconvénient, à moins qu'elles ne soient plongées dans l'eau, comme celles des figures cinquième & quatorzième; mais c'est une grande sujétion que de les disposer ainsi, par la difficulté de les retirer toutes les fois qu'il y faut travailler, soit pour renouveler les cuirs, ou nettoyer les soupapes & les pistons, qui à la longue se chargent de vase.

D'un autre côté les aspirations ont presque toujours quelque imperfection, à cause du racordement des tuyaux qu'on ne joint jamais assez bien pour que l'air ne puisse s'y insinuer tant soit peu; de même, quand le cuir du piston n'est pas assez humecté, il cesse d'adhérer à la surface intérieure du corps de pompe, & l'air s'introduisant dans l'espace vuide fait cesser l'aspiration, surtout quand elle est grande; c'est pourquoi il faut bien prendre garde de la faire la plus petite qu'il est possible; c'est-à-dire, d'élever le moins que l'on pourra le corps de pompe au-dessus de la surface de l'eau qu'on veut puiser, sans avoir égard à tout le poids de l'atmosphère, qui ne peut avoir lieu qu'avec des conditions qui se rencontrent rarement, & dont nous ferons mention par la suite; il nous suffira de dire présentement, que plus l'aspiration est petite, & plus l'eau monte avec vitesse, & maintient les cuirs humectés.

Pour avoir la facilité de reparer une pompe refoulante plongée dans une rivière, on place dans le fond une bache, de manière que ses bords surmontent la surface de l'eau, & on la vuide quand on veut visiter la pompe; mais dans le tems des grandes eaux, pouvant être submergée, on tombe encore dans le même inconvénient.

883. Le moyen le plus sûr & le plus commode pour élever l'eau à une hauteur considérable, c'est de faire ces sortes de pompes dans le goût de la figure huitième; on a la liberté de rendre l'aspiration aussi petite que l'on veut, puisqu'il suffit que le fond de la bache GH soit élevé de quelques pieds, au-dessus de la surface des plus grandes eaux: celle qui y monte entretient toujours les cuirs humectés, & quand on a quelques réparations à faire, on met les pompes à découvert pour les démonter sans toucher au tuyau d'aspiration: aussi cette pompe me paroît-elle préférable à toutes les autres, sur tout quand il y aura, comme à la machine

*De toutes
les Pompes
qu'on vient
de décrire,
les plus per-
fectes sont
celles du
Pons Neve-
Dams.*

PLAN. 1.

FIG. 8.

du Pont Notre-Dame à Paris, plusieurs équipages qui font monter l'eau sans interruption ; car il faut faire attention que telle pompe qui pourroit être à la bienséance d'un particulier, ne conviendrait peut-être point pour donner de l'eau à une Ville, chacune de celles que je rapporte ici peut avoir son mérite ; mais il faut sçavoir en faire un bon choix, selon les lieux & les circonstances. Par exemple, si l'on avoit un bassin qui reçût l'eau d'une source ou d'une rivière par le moyen d'une saignée, dont le cours pourroit être interrompu par une écluse, & qu'on eut de la pente pour mettre le bassin à sec toutes les fois qu'on le jugera nécessaire, on pourra se servir de la pompe exprimée par la cinquième figure, préférentiellement à celle dont je viens de parler, étant plus simple, par conséquent d'une moindre dépense, eu égard à l'exécution & à l'entretien ; car plus une Machine est composée, & plus il y a de pièces sujettes à se déranger.

Quant aux pompes des figures sixième & septième, j'aimerois mieux la seconde que la première, étant bien plus commode de faire refouler un piston de bas en haut, que de haut en bas ; d'ailleurs les barres de fer qu'on emploie pour cela ont beaucoup plus de force lorsqu'elles sont tirées selon leurs longueurs, que quand elles soutiennent un effort qui tend à les faire plier ; le poids du châssis dans la septième figure suffit pour faire descendre le piston, & surmonter la colonne d'eau qui lui est opposée ; il se maintient perpendiculairement dans le corps de Pompe, & il est aisé de l'assujettir à cette situation, en mettant une portion de cercle à l'extrémité du balancier qui porte le châssis, au lieu que quand il refoule de haut en bas, la tige fléchit, écarte le piston, & cause un grand frottement qui use les cuirs en très-peu de tems.

884. Il faut prendre garde de régler si bien la levée du piston dans les Pompes dont nous parlons, qu'il ne bouche jamais tout-à-fait en refoulant l'entrée H du tuyau montant, ou d'aspiration, principalement à la septième figure, parce qu'il pourroit arriver que le piston se trouvant tout près de la soupape F, lorsqu'il n'y auroit plus d'air entre-deux, il auroit à surmonter en descendant tout le poids de l'atmosphère, qui causeroit une résistance égale à la pesanteur d'une colonne d'eau, qui auroit pour base le cercle du piston, & pour hauteur environ 32 pieds ; de sorte que si le diamètre du piston étoit de 6 pouces, son cercle seroit repoussé de bas en haut par un effort de 440 lb, qui se trouvant au-dessus du poids du châssis, ne manqueroit pas de le soutenir en l'air sans pouvoir descendre.

*Il ne faut
pas qu'un
piston en re-
foulant bou-
che l'entrée
du tuyau
montant.*

PLAN. I.

De-là vient qu'il arrive quelquefois, qu'une Pompe cesse tout-à-coup d'agir sans qu'on en puisse deviner la cause, qui n'est sensible qu'à l'esprit de ceux à qui rien n'échappe; mais pour ceux qui n'y entendent pas finesse, ils la cherchent en vain, & croient que cela vient de quelques défauts de la part des soupapes ou du piston: on démonte la Machine plusieurs fois, on n'y voit que ce que l'on avoit déjà vu, sans sçavoir à quoi s'en prendre.

La puissance qui fait agir une Pompe aspirante & refoulante, n'est pas uniforme.

885. Aux Pompes aspirantes & refoulantes, il arrive ordinairement que la puissance qui leur donne le mouvement, n'agit pas d'une manière uniforme, lorsqu'il n'y a qu'un seul équipage; car l'aspiration se fait sans qu'elle y ait aucune part, le seul poids du chassis qui porte le piston suffisant pour le faire descendre. Il n'y a donc que lorsqu'il refoule qu'elle fait effort, à moins qu'il n'y ait deux équipages comme en la figure dix-septième; moyennant une double manivelle, la puissance agit toujours également, puisque tandis que l'aspiration se fait d'une part, elle refoule de l'autre; sur quoi il est à remarquer, que si l'on a un seul équipage qui fasse

PLAN. 2. monter l'eau sans interruption, comme dans la figure vingtième, toutes choses d'ailleurs étant égales, il faut surmonter une puissance double de celle qu'il faudroit, si les pistons M & X agissoient dans deux corps de pompes séparés, comme en la dix-septième figure. Car pour que le piston M puisse refouler l'eau de son corps de pompe, il faut que le chassis ZY soit accompagné d'un poids au-dessus de la pesanteur d'une colonne d'eau, qui auroit pour base le cercle du piston, & pour hauteur celle du réservoir au-dessus du trou G. Mais quand la puissance sera remonter le chassis, il lui faudra une force capable de surmonter, non-seulement la colonne d'eau que refoule le piston X, mais encore le poids dont le chassis sera chargé; ce qui fait voir que cette pompe n'est pas aussi avantageuse qu'elle a pu le paroître lorsque nous en avons fait la description; car on peut avoir le courant d'une rivière, ou tout autre moteur capable de faire agir deux pompes séparées, qui refouleroient l'eau alternativement, mais qui ne suffiroient point pour faire par intervalle un effort double de celui dont il seroit capable continuellement. Après tout, supposons que le moteur suffise, ne vaut-il pas mieux n'avoir qu'un seul corps de pompe simple, comme en la figure cinquième ou septième, dont la superficie du cercle du piston seroit double de la superficie de celui des pistons M ou X, que d'en avoir un plus composé qui ne produiroit pas plus d'eau à la suite du tems, pourvu qu'il monte par heure au réservoir, autant d'eau que le moteur peut en fournir,

qu'importe que ce soit par intervalle, ou par un jet continu. Si M. de la Hire y avoit pris garde, il auroit peut-être fait moins d'estime de la pompe que j'ai citée, puisqu'elle se rencontre précisément dans le cas de celle dont je parle.

PLAN. 2.

886. On peut dire la même chose de la pompe exprimée par la vingt-cinquième figure; car quoiqu'elle soit en partie de mon invention, je ne prétends pas l'épargner plus que les autres. Pour que l'eau passe continuellement au réservoir, il faut que le piston en montant refoule deux fois autant d'eau qu'il en peut passer dans le même tems par le trou I, afin que celle qui reste dans le récipient puisse monter à son tour pendant l'aspiration; & pour cela le cercle du piston doit avoir une superficie double de celle du trou I; d'où il suit que la puissance soutient chaque fois que le piston monte, le poids d'une colonne d'eau qui auroit pour base le cercle du piston, & pour hauteur celle du réservoir, au-dessus du même piston. Or si le diamètre du tuyau montant étoit égal à celui du piston, l'eau monteroit tout d'une traite au réservoir, par intervalle, à la vérité, comme dans la septième figure; mais l'on aura toujours par heure la même quantité d'eau. Ainsi les pompes vingt & vingt-cinquième ne méritent nulle préférence sur la septième, aussi ne les ai-je rapporté que pour faire voir, que quand on n'examine point les choses de près, il est aisé de se laisser éblouir par des avantages apparents; & voilà le cas où tombent presque tous les Machinistes, ils saisissent avec joye une idée ingénieuse qui se présente, & qui donne à la chose dont il s'agit un air de nouveauté; aussi-tôt ils publient la merveille prétendue, & la multitude y applaudit. Cependant tout bien considéré, il arrive souvent que la découverte n'aboutit qu'à rendre une Machine plus composée qu'elle n'étoit, sans être capable d'un plus grand effet; car enfin il faut se mettre dans l'esprit que les loix de la Méchanique ont des bornes que l'on ne peut surpasser; que si l'on gagne d'un côté, on perd nécessairement de l'autre. La plupart faute d'être convaincus de cette vérité, ont négligé de rectifier un grand nombre de Machines utiles, pour ne penser qu'à en produire de nouvelles: cependant j'ose dire qu'il reste encore bien des choses à défricher; & sans sortir du sujet que je traite; l'on va voir qu'il y a plusieurs points essentiels, qui semblent être échappés à ceux qui ont travaillé sur les pompes.

*Défaut des
Pompes re-
soulantes,
qui font
monter
l'eau sans
interrup-
tion.*

Rien ne doit se faire au hazard dans la construction des Machines, tout y doit être assujéti à un enchainement de proportions, qui doivent dépendre d'une suite de principes; & souvent

ces principes dépendent eux-mêmes du point principal d'où l'on est parti. Par exemple voulant déterminer les rapports que les dimensions d'une pompe aspirante & refoulante doivent avoir entr'elles, afin de rendre cette Machine la plus parfaite qu'il est possible ; je considère d'abord que ces sortes de pompes agissent par le moyen de la pesanteur de l'air, qui est équivalente au poids d'une colonne de mercure de 28 pouces ; mais comme l'air n'est pas toujours dans le même état, & qu'il pèse dans un tems plus ou moins que dans un autre, il convient de ne compter que sur l'impression dont il est capable, lorsqu'il est le plus léger ; & l'expérience faisant voir que le mercure du Barometre simple ne descend jamais plus de 15 ou 16 lignes au-dessous de la hauteur de 28 pouces ; je ne regarde le poids de l'air que comme équivalent à une colonne de mercure de 26 pouces 8 lignes, ou à une colonne d'eau de 31 pieds ; ainsi sans nous embarrasser de la variation de l'air, nous prendrons pour maxime que son poids est égal à une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur ; & voilà le point fixe qu'il ne faut pas perdre de vue.

La perfection des Pompes en général dépend de six choses principales.

887. La perfection qu'on peut donner aux pompes dépend.

1°. Du diamètre du piston relativement à la force de la puissance motrice qui doit lui donner le mouvement.

2°. Du diamètre du tuyau d'aspiration qui doit être assujéti à celui du corps de pompe, à la vitesse du piston, & à la hauteur où il faudra faire monter l'eau par aspiration.

3°. De la plus grande hauteur où l'on peut élever l'eau par aspiration relativement au poids de l'atmosphère, au jeu du piston, & à la disposition intérieure du corps de pompe, afin que l'eau parvienne jusqu'au piston, & qu'elle ne rencontre point d'arrêt en chemin.

4°. De l'épaisseur qu'il faudra donner au corps de pompe & au tuyau montant, pour être capable de soutenir l'effort qui tend à les crever.

5°. De la construction la plus avantageuse des pistons, afin que leur surface ait une parfaite adhésion à celle du corps de pompe, & que jamais l'air ni l'eau ne puisse passer entre-deux.

6°. Du choix des soupapes, selon les endroits où il faudra les placer, afin que l'eau passe partout librement, sans être forcée à couler plus vite dans un endroit que dans l'autre.

A quoi se réduit l'effort d'une puissance

888. Voilà six sujets qui demandent d'être examinés avec beaucoup de soin, & c'est ce que nous allons tâcher de faire dans l'ordre qu'on vient de les rapporter ; car ce que nous avons dit jus-

qu'ici sur les pompes, ne sont que des descriptions pour en faire connoître les différentes especes, & ce seroit négliger l'essentiel que de nous en tenir là; mais avant que d'entrer en matiere, il est à propos d'être prevenu, que quelque grossier que soit le tuyau montant, la puissance qui refoule est toujours chargée dans l'état d'équilibre, d'un poids égal à celui d'une colonne d'eau, qui auroit pour base le cercle du piston, & pour hauteur celle du reservoir au-dessus de la tête du même piston, soit que l'eau monte perpendiculairement, ou le long d'un plan incliné, parce que la colonne d'eau à laquelle le cercle du piston sert de base, ne pèse pas selon son volume, mais bien selon sa hauteur perpendiculaire. (360)

889. Comme nous n'avons rien dit jusques ici de la manière de calculer l'effort de la puissance qui meut le piston dans le tems de l'aspiration, je vais faire voir à quoi elle se réduit, afin qu'on n'ait point de difficulté à comprendre quelques endroits de la suite de ce Chapitre.

Considérez les deux tuyaux NABO, & PS, l'un plus gros que l'autre unis ensemble au fond NO, lequel est percé d'un trou P. Pour mieux insinuer ce que j'ai à dire, nous supposons que le tuyau PS répond à un autre HT, par la communication ST, comme si le tout formoit une espece de siphon BSTH; j'ajouterai qu'au fond du tuyau NABO, il y a un piston M, soutenu par une puissance X, & que l'on suppose que la ligne DK est égale à la hauteur de la branche HT; ainsi retranchant de part & d'autre, les parties égales GK, HL, il restera DG, égale à KR ou à LT.

Cela posé, si l'on verse de l'eau dans le tuyau NB, jusqu'à la hauteur CD, & que la pesanteur du piston M soit égale au volume d'eau dont il occupe la place, la puissance X soutiendra alors le poids d'une colonne d'eau, qui a pour base le cercle IK du piston, & pour hauteur DK; (344) d'un autre côté, si l'on remplit d'eau le siphon PSTH, le piston sera poussé de bas en haut par l'action du poids de la colonne HL seulement, qui fera le même effet que si le tuyau PS étoit aussi gros que QNOR; (346, 347) car pour l'eau qui est au-dessous de la ligne IK, elle est en équilibre avec elle-même; (329) c'est pourquoi le piston ne sera plus poussé de haut en bas que par le poids de la colonne FCDG, différence de DK à HL.

Si la puissance X vouloit attirer le piston pour le faire monter, & que le tuyau HT fut continuellement entretenu plein d'eau, il est constant que cette puissance aura besoin à chaque instant d'un

qui refoule
l'eau dans
un réservoir,

De quelle
manière on
doit calculer
l'effort
d'une puissance
qui
aspire l'eau
dans un
corps de
Pompe.

PLAN. 3.
FIG. 8.

nouvel accroissement de force, à mesure que la ligne IL approchera de FH, parce que la hauteur de la colonne HL, qui pousse le piston de bas en haut, diminuera selon que le piston montera, au lieu que celle qui le presse de haut en bas demeurera toujours la même; ainsi quand le piston sera parvenu au point E, c'est-à-dire, que quand la ligne IK prendra la place de FG, la puissance X. portera tout le poids de la colonne ICDK, qui par sa nouvelle situation sera devenue FABG.

Il est aisé d'appliquer ce qui précède aux Pompes aspirantes; car faisant abstraction de la communication ST, pour ne considérer que le tuyau PV, dont le bout SV trempe dans l'eau, représentée par la ligne QY, l'on pourra prendre HT pour une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur, équivalente au poids de l'atmosphère (790) qui presse la surface QY, autour du tuyau d'aspiration PV, & soutient celle qui seroit élevée dans le même tuyau, laquelle étant en équilibre avec la partie LT, de la colonne HT, l'autre partie HL exprimera ce qui reste du poids de l'atmosphère pour pousser le piston de bas en haut, lequel étant aussi pressé de haut en bas par le poids de tout l'atmosphère, équivalent à celui de la colonne d'eau ICDK, dont la hauteur DK est encore de 31 pieds; il suit que retranchant la hauteur HL ou GK de DK, il restera la colonne FCDG, ou son égale QIKR, pour exprimer la partie du poids de l'atmosphère qui presse absolument sur le piston, par conséquent la force de la puissance X.

Si l'on vouloit que la puissance X fit monter le piston de K en G, d'un mouvement uniforme, il est constant que la force que nous venons de lui attribuer ne suffiroit pas, parce qu'à mesure que le piston montera, il sera chargé d'un plus grand poids, qui approchera toujours de plus en plus d'égaliser la totalité de celui de l'atmosphère; ainsi il faudra que la puissance acquiesse à chaque instant de nouveaux accroissemens de force, selon l'ordre des termes d'une progression arithmétique, pour suppléer à l'action de la partie du poids de l'atmosphère, exprimé par la colonne HL qui poussoit le piston de bas en haut, & qui ira toujours en diminuant, & se terminera à zero, au moment que la base IK sera parvenue à la hauteur FG, c'est-à-dire à 31 pieds au-dessus de la surface QY; alors la colonne qui presse de haut en bas, sera égale au poids de l'atmosphère.

*Remarque
essentielle
pour calculer l'effet*

890. Il suit de-là, 1°. que la force de la puissance qui aspire l'eau dans une pompe, doit être au moins égale au poids de la colonne d'eau qui auroit pour base le cercle du piston, & pour hauteur la distance

distance de la source au piston, lorsqu'il est parvenu dans la plus haute élévation ; à quoi il faut ajouter le poids de l'eau dont le piston est surmonté, lorsqu'il s'élève au-dessus du terme de l'aspiration pour la dégorger dans une cuvette ou réservoir.

2°. Que la grosseur d'un tuyau d'aspiration est indifférente à la puissance qui élève le piston, puisqu'elle soutiendra toujours le même poids. (360)

3°. Que la hauteur où l'on veut élever l'eau, étant déterminée au-dessous de 31 pieds, il n'y a pas plus d'avantage de la faire monter par aspiration de S en IK ; que si le piston la puisoit, dans la source même, & qu'il fut réellement chargé d'une colonne d'eau égale à IQRK, dans le cas où le corps de pompe NFGO, seroit d'une grosseur uniforme sur toute la hauteur, c'est-à-dire, qu'il devint semblable au tuyau FQRG. Voilà l'explication que j'ai promis de donner de la pompe, dont il a été fait mention sur la fin du premier Volume, articles 757, 758.

Sur les Diametres des Corps de Pompe, ou des Pistons.

Quand on veut déterminer les dimensions d'une pompe, il faut avant toutes choses connoître ; 1°. La quantité de mouvement qu'aura la force motrice qui la doit faire agir. 2°. La hauteur à laquelle il faudra élever l'eau au-dessus de la source, soit en aspirant ou en refoulant, ou des deux manieres ensemble ; car c'est de-là que doit dépendre la grosseur du corps de pompe, ou le diametre du piston, qui est la premiere dimension qu'il faut déterminer pour être en état de regler les autres.

891. Selon le principe général de la Mécanique, l'on sçait que le produit de la puissance motrice par sa vitesse, est toujours égal au produit du poids par sa vitesse ; (85, 89) & comme il sera aisé de connoître la valeur du poids que la puissance peut élever, de quelque maniere que la Machine soit construite, nous n'aurons ici égard qu'à ce poids, sans nous mettre en peine de sa vitesse ; ainsi nous supposons d'abord qu'il est question d'une pompe aspirante, comme celle de la premiere figure de la Planche premiere, qui doit servir à élever l'eau à 26 pieds de hauteur pour la décharger dans une cuvette ; & que la colonne d'eau que la puissance peut soutenir, indépendamment de la charge du piston & des ferrures qui l'accompagnent, est équivalente à un poids de 360 lb ; il s'agit de sçavoir quel doit être le diametre de la base de cette colonne, puisqu'il sera le même que celui du piston, ou du corps de pompe, par l'article 360.

Tome II.

K

Le diametre d'un piston doit être proportionné à la puissance qui fait agir la Pompe.

PLAN. I.

FIG. 1.

Le pied cylindrique pesant 55 lb, (341) si on le multiplie par 26, on aura 1430 lb pour le poids d'une colonne d'eau, qui auroit pour base un cercle de 12 pouces de diamètre, & 26 pieds de hauteur; mais comme celle dont il s'agit ne doit peser que 360 lb, l'on dira: si une colonne de 1430 lb donne 144 pouces, pour le carré du diamètre de sa base, que donnera une colonne de 360 lb de même hauteur pour le carré du diamètre de la sienne? On trouvera environ 36 pouces, dont la racine donne 6 pouces pour le diamètre de la pompe.

*Attention
qu'il faut
avoir quand
une puissance
se fait agir
à la fois
plusieurs
Pompes as-
pirantes.*

892. Si la puissance motrice devoit faire agir en même tems deux pompes aspirantes, & que les pistons n'élevassent l'eau qu'alternativement, afin que la puissance travaille sans interruption, & non par intervalle, il ne faudroit compter que sur le poids de la colonne d'eau, dont un des pistons doit être chargé, ce qui tombe dans le cas précédent. Mais au lieu de deux pompes aspirantes, si la puissance en faisoit mouvoir 4 ou 6 à la fois, & qu'il n'y eut que la moitié du nombre des pistons qui fit monter l'eau, tandis que l'autre moitié ne seroit chargée d'aucun poids étranger: il faudroit diviser le poids que la puissance est capable d'élever par la moitié du nombre des pistons, & le quotient donnera le poids de la colonne d'eau que chacun d'eux doit soutenir, dont on cherchera le diamètre de la base, relativement à la hauteur de la même colonne, pour avoir celui de tous les corps de pompe que nous supposons uniformes.

Si l'on avoit une ou plusieurs pompes refoulantes, comme celle qui est représentée par la cinquième figure, l'on trouvera de même le diamètre dont il s'agit, relativement au poids que la puissance motrice peut soutenir, & à la hauteur de la colonne, ou du réservoir au-dessus de la surface de l'eau qu'on veut puiser. (890)

PLAN. 1.

*Observa-
tion sur le
diamètre
qu'il faut
donner aux
pompes qui
aspirent &
refoulent
alternati-
vement.*

893. Mais si la pompe étoit aspirante & refoulante, comme celles des figures 6^e, 7^e & 8^e, dont le réservoir fut plus élevé au-dessus du piston lorsqu'il est parvenu en son plus bas, que ce même piston n'est élevé au-dessus de la source lorsqu'il aspire; la puissance faisant alors deux efforts séparés, l'un pour aspirer (890) & l'autre pour refouler, il faudra régler le diamètre du corps de pompe (891) sur le poids de la plus haute des deux colonnes, c'est-à-dire sur le poids de l'eau qui doit passer dans le tuyau montant.

PLAN. 1.

*A quoi il
faut avoir é-
gard quand
la puissance*

894. Enfin, si la puissance aspireroit d'une part, & refouloit en même tems de l'autre, comme cela arrive assez souvent, il faudroit en ce cas déterminer le diamètre du corps de pompe du piston qui refoule, sur le poids de la colonne d'eau qui auroit pour

hauteur l'élevation du réservoir au-dessus de la source ; parce que dans ce cas, la puissance soutient ensemble le poids de la colonne qui est refoulée, & celui de la colonne que le piston aspire ; (890) c'est à quoi il faut bien prendre garde, de même qu'au nombre des pistons qui agiront de la sorte, pour partager le poids que la puissance peut élever dans le nombre des colonnes d'eau, qui seront effectivement élevées dans le même tems, afin d'en déterminer au juste le diamètre, pour ne point tomber dans quelque erreur grossière, en faisant les corps de Pompe trop gros ou trop petits, comme je pourrois en citer des exemples.

895. Quand les Pompes sont en nombre impair, la puissance n'agissant pas uniformément, il est à propos de faire remarquer ce qui arrive dans ce cas, afin que l'on sçache à quoi il faut avoir égard, pour déterminer le diamètre des corps de pompe. Supposons donc que l'on aye trois pistons suspendus à une manivelle à tiers point (112) pour faire monter l'eau continuellement, & que le premier piston, dans le tems que la machine joue, soit parvenu au sommet de sa levée, le second sera en chemin de descendre, & le troisième en chemin de monter; ensuite le premier descendra avec le second, & le troisième montera seul immédiatement après, le second & le troisième monteront ensemble, & le premier descendra seul; le troisième étant parvenu au sommet de sa levée, ne tardera pas de descendre avec le premier, & il n'y aura plus que le second qui montera seul, qui étant suivi par le premier, ils monteront tous deux ensemble, & il n'y aura plus que le troisième qui descendra seul; par conséquent il y a alternativement deux pistons qui montent & un qui descend, & puis deux qui descendent & un qui monte. Or, soit que la puissance agisse pour faire descendre les pistons, ce qui arrive lorsqu'ils refoulent de haut en bas, ou qu'elle agisse quand les pistons remontent pour refouler de bas en haut; cette puissance soutiendra par intervalle deux colonnes d'eau au lieu d'une; mais aussi le bras de levier qui répond à ces colonnes n'étant plus que la moitié du coude de la manivelle, tandis que celui de la puissance demeure le même, il suit que ces colonnes font le même effet qu'il n'y en avoit qu'une qui eut pour bras de levier le coude entier, qui est le cas de la plus grande résistance, (113) tandis que la moyenne n'en est que les quinze-seizièmes; (114) c'est pourquoi il faut supposer que la puissance ne doit mouvoir qu'un seul piston, & faire le cercle de chacun des trois corps de pompe égal aux quinze-seizièmes de celui que la puissance pourroit élever, afin de se conformer à l'article 114.

aspire & refoule en même tems;

A quoi il faut avoir égard, quand la puissance fait agir des Pompes qui sont en nombre impair.

*La hauteur
des corps de
pompes doit
s'égaler sur
la levée des
pistons.*

896. Je ne dis rien de la hauteur que l'on doit donner aux corps de pompes; quoi qu'elle semble dépendre de leur diamètre, cependant on ne peut pas établir un rapport entre ces deux lignes, la première devant être assujettie au jeu du piston, lequel dépend lui-même de la construction de la machine; mais je ferai remarquer en passant, que ce ne sont pas les pistons qui ont le plus de levée qui sont monter le plus d'eau au réservoir; dès que le diamètre en est une fois déterminé, leur effet dépend de la vitesse qu'on peut leur donner; alors il est indifférent qu'ils aient trois ou six pieds de levée, pourvu qu'ils en fassent deux de trois pieds dans le même tems qu'ils en feroient une de six; puisque ce sera toujours la même vitesse, à moins qu'on ne soit contraint par des circonstances, qui ne permettent pas de balancer sur le choix. Par exemple, lorsque la hauteur du tuyau d'aspiration est déterminée, alors on n'est pas le maître de faire le jeu du piston tel qu'on veut; puisque s'il y a un espace vuide dans le fond du corps de pompe, il faut qu'il regne une certaine proportion entre cet espace, le jeu du piston, la hauteur du tuyau d'aspiration, & le poids de l'atmosphère, comme nous le ferons voir en son lieu; mais quand on n'est arrêté par aucune sujétion, si l'on ne peut faire en sorte que la tige du piston se maintienne toujours perpendiculairement en montant & en descendant, il vaut mieux en conservant au piston la plus grande vitesse qu'on pourra lui donner, faire les levées d'une hauteur moyenne, parce que plus elles sont hautes, & plus il y a d'obliquité dans le mouvement de la manivelle ou du balancier où est suspendue la tige; ce qui fatigue plus les pistons d'un côté que de l'autre, & empêche la puissance d'agir rondement; mais ce n'est pas ici l'endroit d'examiner cet article, nous en parlerons plus amplement ailleurs.

*Dans les
pompes re-
sistantes, il
faut que le
tuyau mon-
tant soit
portant d'un
ne gros-
seur
uniforme,
& que son
diamètre
soit au moins
égal à celui
du corps de
pompe.*

PLAN. I.

*Quand on
a plusieurs
pompes ac-
colées, &*

897. Quand un corps de pompe a une branche GHLM, comme à la sixième figure, il faut que son diamètre GH, aussi-bien que celui du tuyau montant, soit au moins égal au diamètre du corps de pompe, afin que l'eau que le piston refoulera passe sans contrainte; car s'il étoit plus petit, la puissance motrice seroit obligée de faire un effort au-dessus de celui qui lui convient naturellement; & si je ne me suis pas conformé à cette maxime dans les figures des pompes que j'ai décrit ci-devant, c'a été pour les rendre moins massives, & ne pas charger les Planches inutilement.

898. Quand l'on a deux pompes accolées qui refoulent l'eau alternativement dans un même tuyau montant, auquel les branches ou fourches des deux pompes vont se réunir comme dans

la figure dix-septième ; il suffit que le diametre du tuyau montant soit le même que celui d'un des corps de pompe, que je suppose égaux , parce qu'il n'y aura jamais qu'un des pistons à la fois qui refoulera ; mais si l'on avoit trois corps de pompes dont les branches allassent se réunir à un même tuyau montant , & qu'il y eut par intervalle deux pistons qui refoulassent l'eau dans le même tems, il faudroit pour proportionner la grosseur du tuyau montant , à la quantité d'eau qui doit y passer , que le quarré de son diametre fut double de celui du diametre du corps de pompe. Comme il paroît qu'on n'a point eu égard à cette considération , & qu'au contraire tous les Machinistes s'imaginent soulager la puissance en faisant le diametre du tuyau montant, moindre que celui du corps de pompe, je vais faire enforte de les desabuser d'une erreur aussi grossiere.

Sur l'inconvénient de faire le diametre des Tuyaux montans , & celui du trou des soupapes des Pompes refoulantes , plus petit que celui des Pistons.

899. Ayant un tuyau vertical AD toujours entretenu plein d'eau , uni à une branche horizontale CDEF, dans laquelle on a introduit un piston P, soutenu par une puissance R, il arrivera que si cette puissance que je suppose toujours la même, est inferieure à la poussée de l'eau, le piston sera chassé vers l'orifice EF, avec une certaine vitesse uniforme , & l'action relative de l'eau qui soutiendra cette puissance , sera exprimée par le quarré de la difference de la vitesse du piston à celle dont la chute BD est capable (585) ; ainsi nommant a , cette chute ; b , celle qui répond à la vitesse du piston ; & c , la chute capable de la vitesse respective : l'on aura $\sqrt{a} = \sqrt{b} + \sqrt{c}$ (433). Or comme le quarré de \sqrt{a} , qui est a , exprime la force absolue, ou la hauteur de la colonne d'eau, qui donne la chasse au piston, le quarré de \sqrt{c} , qui est c , exprimera aussi la force respective, ou la hauteur d'une colonne d'eau, qui tiendrait lieu de la puissance appliquée au piston ; car pour peu qu'on y fasse attention , l'on concevra qu'il n'y a point de vitesse respective qui ne puisse être regardée comme une vitesse naturelle, qui n'a reçue aucune modification ; par conséquent point de vitesse respective, qui n'ait pu être acquise par une chute, dont la hauteur déterminera celle de la colonne d'eau, qui en exprimera la force absolue. (570)

Pour rendre ceci plus sensible, avec le secours des Tables du premier Volume , nous supposerons que la vitesse du piston est de 5 pieds 6 pouces par seconde, & que la chute BD est de 10 pieds,

K iij

Maniere de calculer la force de l'action de l'eau qui coule dans un tuyau horizontal.

PLAN. 3.
FIG. 1.

qui se trouve relative à une vitesse de 24 pieds 6 pouces, dont la différence avec celle du piston, donne 19 pieds pour la vitesse respective ($\sqrt{a} - \sqrt{b} = \sqrt{c}$); si l'on en cherche la chute (c), on la trouvera de 6 pieds, qui montre que la puissance R , qui soutient le piston P , avec une vitesse de 5 pieds 6 pouces par seconde, est égale au poids d'une colonne d'eau qui auroit pour base le cercle du piston, & pour hauteur 6 pieds (c).

FIG. 2.

*Application
de l'article
précédent,
au calcul de
la puissance
qui meut le
piston d'une
pompe re-
foulante.*

900. Si l'on bouche l'orifice EF , & qu'on adapte au tuyau DF une branche verticale $GIKE$, dont la hauteur IG soit égale à c , que nous venons de trouver de 6 pieds, & que le Piston P , dont je suppose la pesanteur spécifique égale à celle de l'eau, soit placé au fond GE de la branche GK ; il est constant que la remplissant d'eau, le piston P sera poussé de bas en haut par l'eau du tuyau AD , avec une vitesse uniforme, exprimée dans le premier instant par \sqrt{b} , qui est de 5 pieds 6 pouces par seconde; c'est pourquoi nous ne considérerons plus que le Syphon $BCDGI$, dont la petite branche peut être regardée comme le tuyau montant d'une pompe, & la grande comme la puissance qui en meut le piston; alors on pourra dire que la puissance ou la force absolue du courant, est au poids de la colonne que soutient le piston, comme BD (a), est à IG (c), ou comme 5 est à 3.

*Manière
d'estimer le
rapport de
la puissance
qui soutient
une colonne
étant d'é-
quilibre,
avec celle
qui la re-
foule pour
la faire
monter.*

901. Il suit que quand un courant meut le piston d'une pompe, il lui faut plus de force pour élever, avec une certaine vitesse, une colonne d'eau, que s'il la soutenoit seulement en équilibre; & que la force du courant doit être d'autant plus grande, que la même colonne sera refoulée avec plus de vitesse, parce que la vitesse respective du courant demeurant la même, il faut nécessairement augmenter sa vitesse entière, par conséquent sa chute, pour accroître la vitesse du piston.

En général l'on peut dire que la puissance qui soutient un piston dans l'état d'équilibre, est à celle qui le meut, avec une certaine vitesse déterminée, comme le carré de la vitesse qu'un corps peut acquérir en tombant de la hauteur de la colonne refoulée, est au carré de la vitesse composée de la précédente & de celle du piston, parce qu'en supposant, comme nous faisons ici, que le courant agit immédiatement sur le piston, la hauteur de la colonne refoulée exprimera le carré de la vitesse respective, par conséquent la puissance qui soutient cette colonne dans l'état d'équilibre, tandis que celle qui meut le piston doit l'être par le carré de la vitesse entière, laquelle est toujours composée de la vitesse respective & de celle du piston. (899)

L'on tire des articles précédens une règle pour connoître la

force qui doit mouvoir le piston d'une pompe, dont la hauteur du tuyau montant est déterminée : pour cela il faut chercher la vitesse relative à une chute égale à celle de la hauteur où l'on veut élever l'eau, ajouter à cette vitesse, celle que le piston doit avoir par seconde; la chute capable de la somme de ces deux vitesses exprimera la hauteur de la colonne d'eau, qui déterminera la force que l'on demande.

902. Supposant un nouveau Syphon ACEG, dont les branches AB, DF soient de même diamètre, aussi-bien que la communication CD, & qu'on ait adapté à la petite branche DF un tuyau HMI d'un diamètre plus petit, que nous prendrons pour le tuyau montant d'un corps de pompe DF, il est constant que remplissant d'eau l'un & l'autre, il faudra beaucoup plus de force à la colonne AB, qui doit donner la chasse au piston P, pour lui faire parcourir l'espace DG d'un mouvement uniforme, dans un certain tems déterminé, qu'il ne lui en faudroit pour faire faire à ce piston le même chemin dans le même tems, si le tuyau montant étoit d'une grosseur uniforme au corps de pompe; quoique dans l'état d'équilibre le piston soit toujours également chargé (349), parce qu'il faudra que cette force comprime l'eau que contient le corps de Pompe, de manière à lui imprimer une vitesse au passage de l'orifice HI, qui soit à celle du piston, dans la raison réciproque du carré du diamètre GF, au carré du diamètre HI; ce qui est bien évident par l'article 455, où il est démontré que lorsqu'il sort de deux orifices différens, des quantités d'eau égales dans des tems égaux, il faut que les vitesses de l'eau soient dans la raison réciproque des orifices, ou des carrés de leur diamètre; ainsi nommant D, le diamètre GF du corps de pompe, d, celui du tuyau montant HMI; V, la vitesse que doit avoir l'eau au passage de l'orifice HI, & u, celle du piston; l'on aura $DD :: V, u$, d'où l'on tire $D^4, d^4 :: VV, uu$.

903. Ayant vu dans l'article 431 que les forces qui impriment les vitesses à l'eau, sont dans la raison des carrés des mêmes vitesses; nommant F la force qu'il faudroit à la puissance qui refoule l'eau dans le tuyau HMI, & f, celle qu'il faudroit pour la faire monter dans le tuyau GKNF, de même grosseur que le corps de pompe; l'on aura $F, f :: VV, uu$; que si à la place des deux derniers termes de cette proposition, l'on met D^4 & d^4 , qui sont dans le même rapport, l'on aura $F, f :: D^4, d^4$, qui montre que lorsqu'on aura deux tuyaux montans d'égale hauteur, unis à des corps de pompes de même calibre, le premier de ces tuyaux d'un diamètre égal à celui du piston, & l'autre d'un diamètre plus petit, il faudra que les forces employées pour faire

PLAN. 3.

FIG. 3.

Démonstration pour faire voir le défaut des tuyaux montans, d'un diamètre plus petit que celui des corps de Pompe.

Comparaison des forces qui élèvent l'eau dans des tuyaux de différens diamètres.

monter une égale quantité d'eau dans le même tems, soient dans la raison réciproque des quarrés quarrés, ou des quatrièmes puissances des diamètres des tuyaux montans.

Par exemple, l'on a un corps de pompe de 8 pouces de diamètre, répondant à un tuyau montant de 4 pouces seulement; leur rapport sera celui de 2 à 1, dont les quatrièmes puissances sont 16 & 1; or si l'on prend l'unité pour exprimer la force qu'il faut à la puissance pour faire monter une colonne d'eau dans un tuyau d'un diamètre égal à celui du corps de pompe, il faudra que cette puissance soit exprimée par 16, pour refouler l'eau en même quantité, & dans le même tems, par un tuyau dont le diamètre ne seroit que la moitié de celui du piston.

Il faut aussi que l'eau en passant par le trou des soupapes, n'y rencontre aucun obstacle.

FIG. 3.

Les mêmes choses subsisteroient encore, supprimant le tuyau HMI, pour en substituer un autre GKNF, d'un diamètre égal à celui du corps de pompe, s'il y avoit à l'endroit GF un diaphragme percé d'un trou HI, plus petit que le cercle du piston, parce que la puissance qui poussera ce piston, trouvera la même résistance à vider le corps de pompe que si le tuyau HM y étoit, en faisant abstraction du surcroît de frottement que ce tuyau peut faire naître; ce qui montre la conséquence de ne point faire le diamètre de la soupape qui est au bas du tuyau montant, plus petit que celui du corps de pompe, comme nous le ferons voir plus particulièrement dans les articles 963, 964.

Lorsqu'une même puissance refoule l'eau dans deux tuyaux de différentes grosseurs, les tems de la levée du piston sont dans la raison réciproque des quarrés des diamètres des tuyaux montans.

904. Si la puissance qui refoule l'eau sans obstacle, par un tuyau montant de même grosseur que le corps de pompe, n'étoit pas susceptible d'accroissement, & que restant la même, elle fut contrainte de refouler l'eau dans un tuyau plus petit; les tems qu'il lui faudra dans ces deux cas pour faire faire le même chemin au piston, seront dans la raison réciproque des quarrés des diamètres des tuyaux montans & du corps de pompe (460): ainsi dans l'exemple de l'article 903, s'il falloit à la puissance 5 secondes pour faire faire naturellement au piston un chemin de 18 pouces, il lui en faudroit 20 dans le second cas pour lui faire parcourir le même espace.

905. Je n'ai point eu égard aux quantités de mouvemens de la puissance dans les deux cas où nous avons considéré son action, parce que lui ayant supposé la même vitesse, ses quantités de mouvemens doivent être dans le rapport des résistances qu'elle aura à surmonter; cependant l'on remarquera que lorsque cette puissance sera un courant, la raison réciproque des quarrés quarrés des diamètres, ne peut avoir lieu que dans la comparaison des forces relatives du courant, & non pas des forces absolues, provenans des vitesses

vitesse entieres dont il peut être susceptible.

906. Le principal objet d'un piston qui refoule l'eau, étant de la faire monter beaucoup plus haut que le niveau de la Source, il n'arrive jamais que la chute du courant qui le meut soit plus élevée que le tuyau montant, comme on l'a vu dans les articles 900, 902, parce que le courant, au lieu d'agir immédiatement sur le piston, agit sur les aubes d'une roue, dont la superficie de chacune est beaucoup plus grande que celle du piston; alors la règle que l'on doit suivre, après avoir déterminé la vitesse de la roue, est de faire en sorte que la superficie du piston, celle d'une des aubes, la hauteur où on veut élever l'eau, & la chute capable de la vitesse respective du courant, composent quatre termes réciproquement proportionels, ou ce qui revient au même, que le produit de la chute dont nous parlons par la superficie d'une des aubes, soit égal au produit du cercle du piston, par la hauteur où on veut élever l'eau. L'on trouvera à la fin du quatrième Chapitre plusieurs formules, qui comprennent tout ce que l'on peut désirer sur ce sujet.

Il suit des articles 901, 904, que quand une puissance sera mouvoir une pompe sans défaut, c'est-à-dire, une pompe refoulante où le diamètre du tuyau montant, & celui du trou de la soupape, seront les mêmes que celui du piston, l'on pourra toujours connoître quelle est la force qu'il faudra à cette puissance pour refouler l'eau avec une certaine vitesse déterminée, relative à la quantité d'eau qu'on voudra faire monter par heure au réservoir.

Sur la hauteur où l'on peut élever l'eau par aspiration, eu égard aux dimensions des Pompes.

L'on a dû remarquer dans les Figures rapportées sur la première & seconde Planches que le diamètre des tuyaux d'aspiration étoit beaucoup plus petit que celui des corps de pompes, auxquels ils appartenoient, parce qu'ordinairement le piston n'a pas tant de vitesse en aspirant que l'eau en a pour monter dans le corps de pompe, lequel doit être plein au moment que le piston est parvenu à sa plus haute élévation; & pour que cela arrive, il doit regner une certaine proportion entre la superficie de son cercle, celle de celui du tuyau d'aspiration, la vitesse de l'eau en montant & celle du piston; pour en bien juger, nous ferons abstraction des pompes pour un moment, afin d'établir d'abord quelques principes préliminaires, qui faciliteront l'intelligence de ce que j'ai dessein d'insinuer.

*Examen des
différences
vitesse de
l'eau qui
monte dans
un tuyau
vertical.*

PLAN. 3.

FIG. 9.

& 10.

Si l'on a un Syphon C B F G d'une grosseur uniforme, accompagné d'un robinet T, en sorte que la première branche AE soit toujours entretenue pleine d'eau, malgré la dépense qui s'en pourra faire; il est constant que si tout le reste du Syphon se trouve vuide, & que l'on ouvre subitement le robinet, l'eau coulera d'abord dans la communication V X, avec une vitesse uniforme égale à celle qu'un corps peut acquérir en tombant de la hauteur AB, mais qui ira ensuite en diminuant de plus en plus, à mesure que la seconde branche se remplira.

Pour faire voir dans quel ordre diminuera la vitesse de l'eau à tous les points Q de la hauteur GS, où la surface QR se trouvera en montant, il faut décrire sur les lignes AB, CD, comme axe avec un même paramètre, deux paraboles égales CPH & BKI, situées dans un sens opposé; alors si l'on achève le rectangle AM, & que l'on mène à la ligne horizontale IG autant de parallèles LR que l'on voudra; prenant l'ordonnée AI ou son égale DH pour exprimer la vitesse entière & uniforme de l'eau au pied de la chute CD, il est constant que l'ordonnée OP exprimera de même la vitesse de la chute CO, tandis que l'ordonnée NK exprimera la vitesse de la chute NB ou QS: or je vais prouver que la vitesse qu'aura la surface Q R de l'eau dans la seconde branche, lorsqu'elle sera parvenue au point Q, ne doit point être exprimée par l'ordonnée OP, qui lui répond comme on l'a crû jusqu'ici, mais bien par la ligne LK, différence de la vitesse LN ou MB de la chute AB à la vitesse NK.

*Les diffé-
rences vi-
vantes de
l'eau qui
monte
dans un tu-
yau verti-
cal, doi-
vent être
exprimées
par la dif-
férence des
racines de
la chute &
de celles des
hauteurs où
le niveau de
l'eau se
trouve en
montant au-
dessus du
pied de la
chute.*

907. L'on a vu dans l'art. 899 que la hauteur QS ou NB de la colonne SR, étoit égale à la chute capable de la vitesse respective de l'eau de la chute CD, c'est-à-dire, à l'excès de la vitesse entière de cette chute à celle de la surface de l'eau au point Q. Or comme cette vitesse relative est exprimée par l'ordonnée NK, la différence LK avec la vitesse entière MB ou LN exprimera donc la vitesse retardée de l'eau dans la communication DX, qui est la même que celle de la surface QR au point Q.

Comme il en sera de même pour toutes les vitesses retardées que l'eau aura en remplissant la branche GF, il suit que la somme de toutes ces vitesses sera exprimée par celle des éléments du complément parabolique MIKB, au lieu qu'on a coutume d'estimer cette somme par celle des éléments de la parabole DCPH ou ABHI, parce qu'on exprime ordinairement la vitesse de l'eau au point Q par la racine de la charge CO, au lieu qu'elle doit l'être par la différence des racines des hauteurs CD & QS, comme j'aurai occasion de

le faire voir plus particulièrement ailleurs. J'ai moi-même été long-tems dans l'erreur sur ce point, & j'y serois peut-être encore si je ne m'étois défabusé, en faisant le calcul d'une machine que j'ai imaginée, & qu'on trouvera au commencement du quatrième Livre.

PLAN. 3.
FIG. 9.
& 10.

Le complément parabolique MIKB n'étant que la moitié de la superficie ABKI de la parabole, l'on voit que la somme de toutes les vitesses retardées de l'eau, en remplissant la seconde branche, n'est que la moitié de la somme des vitesses, sur laquelle on a coutume de compter, d'où il suit qu'il faut à la branche FG pour se remplir, le double du tems de celui qu'on estime ordinairement.

Il suit encore que puisque le complément MIKB n'est que le tiers du rectangle MB, il faut à la branche BF pour se remplir le triple du tems qu'il lui faudroit, si l'eau y montoit toujours avec une vitesse uniforme, exprimée par MB.

Enfin il suit que la somme des vitesses de l'eau en montant de Q en q, au lieu d'être exprimée par la somme des élémens du quadrilatère mixte POop, doit l'être par celle du quadrilatère KLlk.

908. Nous servant d'un autre Syphon pareil au précédent, dont la première branche soit toujours entretenue pleine d'eau, & la seconde seulement jusqu'à la hauteur QR, parce qu'elle est retenue par un piston P que soutient une puissance T; je dis que si cette puissance fait monter le piston de R en C, avec une vitesse toujours uniforme, il arrivera l'un des deux cas suivans.

Examen de ce qui arrive lorsqu'il y a un piston dans la branche où l'eau monte.

Quoique l'eau ne soit pas libre, elle tendra toujours, en accompagnant le piston de R en C à monter avec toutes les vitesses différentes dont elle peut être susceptible; mais si en chemin faisant elle se trouve réduite à une vitesse moindre que celle du piston, elle cessera de le suivre, & il y aura un espace vuide entre-deux, qui croîtra de plus en plus à mesure que la vitesse de l'eau deviendra inférieure à celle du piston; voilà le premier cas.

PLAN. 3.
FIG. 11.

Si pour le second cas, la plus petite vitesse de l'eau se trouve fort supérieure à celle du piston, non seulement il n'y aura point d'espace vuide entre-deux, mais il arrivera au contraire que l'eau pourroit remplir dans le tems de la levée du piston un espace beaucoup plus grand que RQbc.

Les articles précédens peuvent s'appliquer à la théorie des pompes aspirantes.

909. Supposant que les branches du Syphon soient chacune de 31 pieds de hauteur, le poids de l'eau de la première AD pourra être pris pour celui de l'atmosphère (886), & ne considérant plus que le seul tuyau GL trempant dans l'eau jusqu'au niveau DM, il

arrivera que si par quelque cause que ce soit, ce tuyau est privé d'air grossier, l'eau y montera naturellement de F en R jusqu'à la rencontre du piston (790) & agira à son égard avec les circonstances qui appartiennent à l'un ou l'autre des deux cas précédens, c'est pourquoi l'on peut regarder le tuyau GL comme une pompe aspirante & uniforme, dont la hauteur RC marqueroit le jeu du piston.

Il suit du premier cas, que lorsque dans une pompe aspirante la vitesse de l'eau en montant est moindre que celle du piston, il se forme un espace vuide, qui est cause que la pompe ne fournit point la quantité d'eau qu'elle devroit donner, quoique l'aspiration se fasse à une hauteur fort au-dessous de 31 pieds, parce que le piston venant à descendre avant que le corps de pompe soit rempli, l'on perd à chaque relevée un volume d'eau égal au vuide; que si cet inconvénient peut arriver dans le cas même où le diamètre du tuyau d'aspiration seroit égal à celui du corps de pompe, à plus forte raison si l'on faisoit ce tuyau beaucoup plus étroit, parce que l'eau montant avec moins d'abondance, mettra plus de tems à remplir le corps de pompe, abandonnera plus promptement le piston, par conséquent laissera un plus grand vuide entre-deux.

Le corps de la pompe se remplira toujours par aspiration lorsque les quarrés des diamètres du piston & du tuyau d'aspiration seront en raison réciproque de la vitesse de l'eau & de celle du piston.

910. Il suit au contraire du second cas, que lorsque la plus petite vitesse de l'eau, considérée comme uniforme sera beaucoup plus grande que celle du piston, il n'y aura point d'espace vuide, & l'on pourra faire le corps de pompe plus gros que l'aspirant, sans craindre que l'eau abandonne jamais le piston; c'est de quoi l'on sera assuré lorsque les quarrés des diamètres du piston & du tuyau d'aspiration, la plus petite vitesse de l'eau, & celle du piston, seront réciproquement proportionels, parce qu'alors le volume intérieur du corps de pompe sera toujours moindre que celui de la colonne d'eau qui pourroit y entrer dans le tems de la levée du piston: or j'estime qu'on ne peut gueres donner à un piston plus de quatre pieds de vitesse par seconde, sans exposer les parties de la machine au danger d'être bientôt rompues; & de toutes celles qui sont venues à ma connoissance, je n'en ai point vû dont le mouvement ait autant d'activité.

Nommant a , la hauteur de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmosphère; b , la plus grande élévation du piston au-dessus de la surface de l'eau de la source; $\sqrt{a} - \sqrt{b}$ exprimera la plus petite vitesse de l'eau qui montera dans le corps de pompe (899) & non pas $\sqrt{a-b}$; ce qui est bien différent, car l'on a $a+b=2\sqrt{a}$.

pour la chute capable de cette vitesse, au lieu de $a-b$, selon la méthode ordinaire; ainsi pour avoir cette chute il faut chercher une moyenne proportionnelle entre la hauteur de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmosphère, & celle de la plus grande élévation du piston au-dessus de la source, doubler cette moyenne, & la soustraire de la somme des deux extrêmes.

Par exemple, ayant $a=31$ pieds (886), nous supposons $b=16$, ainsi la moyenne entre ces deux nombres sera à peu près de 22 pieds 3 pouces, qui étant doublé, donne 44 pieds 6 pouces, qu'il faut soustraire de 47, somme des mêmes nombres, la différence sera de 2 pieds 6 pouces pour la chute, au lieu que selon l'idée commune, elle seroit de 15 pieds. Je laisse à penser de quelle conséquence peut être dans la pratique la différence qui naît de cette erreur.

911. Pour établir une formule générale qui renferme tout ce qui peut appartenir au sujet dont nous parlons, nous nommerons V , la plus petite vitesse de l'eau qui monte dans le corps de pompe; u , celle du piston; D , le diamètre du corps de pompe; & d , celui du tuyau d'aspiration; alors on aura (910) $V, u :: DD, dd$; d'où l'on tire $V d d = u D D$, qui est une équation composée seulement de quatre grandeurs différentes, dont il est aisé d'avoir l'une d'elles moyennant la connoissance des trois autres.

Application d'une formule générale à la manière de trouver le diamètre & la hauteur du tuyau d'aspiration

Par exemple, si l'on avoit une pompe aspirante de 6 pouces de diamètre, dont le piston, selon la disposition de la machine & la vitesse du moteur, dût faire 20 relevées par minute, chacune de 2 pieds, & qu'il employât autant de tems à monter qu'à descendre, ce piston fera 80 pieds de chemin en une minute, & aura par conséquent 16 pouces de vitesse par seconde.

Je suppose en second lieu que la plus haute élévation du piston au-dessus des plus basses eaux, est de 18 pieds, & qu'il s'agit de favoir le diamètre qu'il faudra donner au tuyau d'aspiration, pour que le corps de pompe se remplisse toujours dans le tems de la levée du piston; pour cela il faut chercher les vitesses uniformes par seconde, des chutes de 31 (886 & 909) & de 18 pieds (176), qu'on trouvera de 43 & de 32 pieds 9 pouces, dont la différence donne 10 pieds 3 pouces pour la plus petite vitesse de l'eau.

L'on a donc $D=6$ pouces, $u=1\frac{1}{2}$ pied, & $V=10$ pieds, en

négligeant la fraction, qui étant substituée dans $\frac{u D D}{V} = d^2$, donne 2 pouces 2 lignes 3 points pour le diamètre que l'on demande, mais qu'il convient de faire au moins de 2 pouces 6 lignes pour avoir égard aux frottemens.

Quand on connoîtra la vitesse du piston, le diamètre du corps de pompe & celui du tuyau montant, l'on aura $\frac{V D D}{d d} = V$ pour la plus petite vitesse de l'eau, qu'on trouvera en multipliant le carré du diamètre du piston par la vitesse du même piston, & en divisant le produit par le carré du diamètre du tuyau d'aspiration. Ensuite il faudra retrancher cette vitesse de celle qui est relative à la colonne d'eau, équivalente au poids de l'atmosphère; la différence donnera la vitesse respective, dont il n'y aura plus qu'à chercher la chute qui déterminera la plus haute élévation du piston au-dessus des plus basses eaux de la source, si son niveau est sujet à varier, par conséquent la situation de la Pompe.

Supposant qu'on ait trouvé 10 pieds 3 pouces pour la plus petite vitesse de l'eau, il faudra la retrancher de 43 pieds, la différence donnera 32 pieds 9 pouces pour la vitesse respective; ainsi cherchant la chute capable de cette vitesse (177), l'on trouvera 18 pieds pour la plus grande élévation du piston.

De même quand on connoîtra le diamètre du corps de pompe, celui du tuyau d'aspiration, & la plus grande élévation du piston, par conséquent la plus petite vitesse de l'eau, on pourra déterminer la vitesse que doit avoir le piston, pour que le corps de pompe se

remplisse, puisqu'alors on a $\frac{V d d}{D D} = u$, qui montre qu'il faut multiplier la plus petite vitesse de l'eau par le carré du diamètre du tuyau d'aspiration, & diviser le produit par le carré du diamètre du piston.

Enfin quand on connoîtra la vitesse du piston, le diamètre du tuyau d'aspiration, & la plus haute élévation du piston, ou la plus petite vitesse de l'eau, on déterminera aussi le diamètre du corps

de pompe, puisqu'on a $\frac{V V d d}{u} = D$, qui montre aussi qu'il faut multiplier le carré du diamètre du tuyau d'aspiration par la plus petite vitesse de l'eau, diviser le produit par la vitesse du piston, & extraire la racine quarrée du quotient.

Lorsque les pompes aspirantes & refoulantes & situées sur une rivière, il n'est pas nécessaire que les pistons aspirans soient élevés autant qu'ils peuvent l'être au-dessus du niveau des plus basses eaux, puisqu'il suffit d'établir les corps de Pompe à une hauteur convenable au-dessus des plus grandes, pour que la machine ne soit point submergée, parce que les corps de pompes & les tuyaux d'aspiration ne pouvant jamais être si bien raccordés ensemble,

qu'ils ne se forme à la longue des pertuis imperceptibles par où l'air extérieur s'insinue, il convient dans la pratique de donner toujours à l'aspiration moins de hauteur que celle qu'on aura trouvée par le calcul.

912. Il est essentiel de remarquer que dans tout ce que nous venons de dire sur les pompes aspirantes, nous avons supposé que l'air en avoit été entièrement évacué avant même que le piston eût commencé à jouer, afin de n'avoir égard qu'à la diminution de la vitesse de l'eau en montant, causée par l'augmentation de son propre poids; mais comme cette supposition ne peut avoir lieu, quand l'eau ne monte que par degrés dans l'aspirant, à mesure que le piston en évacue l'air, lequel ne cesse de retarder la vitesse que l'eau auroit naturellement, si elle ne rencontroit pas cet obstacle (868); il nous reste à considérer la modification que l'action de l'atmosphère peut recevoir de la part du poids de l'eau qui monte, & de celle du ressort de l'air qui lui résiste dans la pompe, afin de déduire de cette recherche la hauteur qu'il faut donner au tuyau d'aspiration, relativement à la situation de la soupape inférieure, au jeu du piston, & au poids de l'atmosphère; mais pour rendre aussi simple qu'il est possible les calculs qui ont rapport à ce sujet, nous n'y ferons point entrer la vitesse du piston ni celle de l'eau en montant, afin de ne considérer les choses que dans l'état d'équilibre, (869) c'est-à-dire dans l'état où elles se trouvent, lorsqu'à chacune relevée le piston étant parvenu à sa plus haute élévation, l'eau cesse de monter; ce qui convient d'autant mieux, que notre principal objet est de déterminer dans quelles occasions l'eau peut s'arrêter en montant dans une pompe aspirante.

913. La situation de la soupape inférieure par rapport au jeu du piston, peut faire naître trois cas différens; le premier, lorsque cette soupape étant placée dans le fond du corps de pompe, le piston en approche immédiatement, ne laissant que très-peu de vuide entre-deux, comme dans la figure sixième, où l'on suppose que la soupape S étant fermée, la base OR du piston peut toucher toutes les fois qu'elle descendra le fond QR; le second, lorsque la soupape inférieure est placée au bas du tuyau d'aspiration; c'est-à-dire aussi éloignée qu'elle peut l'être du piston, comme dans la figure cinquième, où la soupape P trempe dans l'eau même que l'on veut élever, & soutient, quand le piston baisse, le poids de celle qui est montée; enfin le troisième, lorsque cette soupape étant placée dans le fond du corps de pompe, le piston n'en peut

La hauteur où l'on peut élever l'eau par aspiration dépend encore de plusieurs considérations auxquelles il faut avoir égard.

L'emplacement des soupapes fait naître trois cas différens.

PLAN. 3.

FIG. 6.

FIG. 5.

approcher qu'à une certaine distance, pour des raisons qui ne permettent pas d'en user autrement.

*Examen du
premier cas*

FIG. 6.

914. Il est à remarquer que dans le premier cas l'on peut faire monter l'eau dans une pompe aspirante, à une hauteur qui approchera plus que dans les deux autres de 31 pieds; car l'air du tuyau d'aspiration étant totalement épuisé, l'eau ne manquera pas de suivre le piston, au moment qu'elle sera parvenue à la hauteur Y, parce qu'elle trouvera un vuide dans le corps de pompe où il ne pourra y avoir qu'un air extrêmement dilaté, dont le ressort n'aura point assez de force pour s'y opposer; & lorsque le piston descendra immédiatement après, l'air & l'eau passant au travers du trou T du piston, il n'y aura plus du tout d'obstacle dans les levées suivantes qui puisse empêcher l'eau de monter jusqu'à une certaine hauteur, qui sera toujours inférieure à celle de 31 pieds, parce que selon les articles 901, 902, il faudra que cette hauteur soit ménagée, relativement à la moindre vitesse de l'eau, à celle du piston, aux quarrés des diamètres du corps de pompe & du tuyau d'aspiration, qui doivent, comme nous l'avons dit (910), être toujours réciproquement proportionnels, indépendamment de la solution des problèmes qu'on va voir que M. Parent a proposé sur ce sujet.

Comme les pompes aspirantes les plus parfaites, sont celles qui élèvent l'eau à une plus grande hauteur, l'on voit qu'on ne peut leur donner cet avantage, qu'autant qu'il y a le moins de vuide qu'il est possible entre la soupape & le piston, & qu'il seroit à souhaiter qu'il n'y en eut point du tout; mais ne pouvant éviter totalement ce vuide, parce que le trou dont le piston est percé, en fait naître indispensablement un, dans lequel l'air que l'on veut évacuer se condense toutes les fois que le piston descend; il faut sur-tout bien prendre garde de ne pas l'augmenter, comme il arrive à la plupart des Ouvriers, qui au lieu de disposer la bande de cuir du piston, dans le sens où elle est exprimée à l'endroit MN de la sixième figure, la mettent dans un sens opposé, comme on le voit dans la cinquième, où le piston ne descendant point jusqu'au fond du corps de pompe, occasionne un surcroît de vuide fort mal-à-propos.

*Examen du
second cas.*

FIG. 5.

915. De tous les endroits où l'on peut placer une soupape, il n'y en a pas de plus défavantageux que celui du second cas; car quand même la base du piston E viendroit toucher le fond du corps de pompe, on trouvera toujours beaucoup de difficulté à expulser l'air du tuyau d'aspiration, & on ne sera jamais monter l'eau

l'eau aussi haut que si la soupape étoit au fond du corps de pompe, *PLAN. 3.* comme on en va juger.

Lorsque dans la figure sixième, on veut expulser l'air; à chaque levée celui du tuyau d'aspiration VX, se dilate dans le corps de pompe; & toutes les fois que le piston descend, il en chasse un volume égal à la capacité de son jeu; ainsi plus cette capacité est grande par rapport à celle du tuyau d'aspiration, plus l'évacuation est prompte & facile; au lieu que quand la soupape est placée en bas, le piston en descendant ne peut évacuer qu'un volume d'air égal à celui de l'eau qui passe dans le tuyau d'aspiration; & comme il entre toujours moins d'eau dans ce tuyau à mesure qu'elle y est plus élevée, il sort par conséquent de la pompe des volumes d'air qui vont toujours en décroissant, jusqu'à l'instant où il n'en sort plus du tout; alors à moins que la hauteur du tuyau d'aspiration ne soit médiocre, l'eau ne passe pas dans le corps de pompe & reste à une certaine hauteur GY, sans qu'il soit possible de la faire monter plus haut, quoique l'on continue à faire jouer le piston, parce que selon l'article 815, il y a un moment où le poids de la colonne d'eau ZGY, joint à la force du ressort qui sera resté à l'air qu'on n'a pu expulser, est en équilibre avec l'atmosphère; & pour faire voir la différence que cause l'emplacement des soupapes, toutes choses d'ailleurs étant égales, nous allons chercher à quelle hauteur on peut faire monter l'eau dans la figure cinquième. Pour cela nous supposons que l'on a réduit la grosseur du corps de pompe à celle du tuyau d'aspiration, afin que ces deux tuyaux ayant le même diamètre, on puisse prendre leur hauteur, à la place de leur capacité: cela posé, nous nommerons *a*, la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmosphère; *b*, la hauteur IL du tuyau d'aspiration, au-dessus de la surface de l'eau QR; *c*, la hauteur réduite du jeu de piston, & *x*, la plus haute élévation de l'eau dans la pompe.

716. Quand l'eau sera parvenue à la hauteur GY, sans pouvoir passer outre, & que le piston que nous supposons plein, sera descendu jusqu'au fond du corps de pompe, l'air sera réduit dans l'espace GL, qu'on peut exprimer par $b - x$; & comme cet air est alors dans son état naturel, il sera en équilibre avec le poids de l'atmosphère; mais lorsque le piston sera monté au plus haut de son jeu, cet air se dilatera dans un espace plus grand que le précédent, de toute la capacité du corps de pompe, que nous avons nommée *c*, qui étant ajoutée avec $b - x$, l'on aura $b + c - x$, pour exprimer la dilatation de l'air qui ne sera plus en équilibre, qu'a-

Maniere de calculer la hauteur où l'eau peut monter dans les Pompes du second cas.

Tome II.

M

vec ce qu'il manque à la hauteur YL, pour élever une colonne d'eau de 31 pieds, c'est-à-dire avec $a - x$; mais l'on sçait par l'article 815 que le produit de l'espace qu'occupe un certain volume d'air par la charge qu'il soutient, est toujours égal au produit de l'espace où il s'est condensé & dilaté, par la charge qu'il peut soutenir alors; ainsi multipliant a , par $b - x$, & $a - x$, par $b + c - x$; l'on aura $ab + ac - ax - bx - cx + xx = ab - ax$, ou bien $xx - bx - cx + ac = 0$ après la réduction; & faisant $b + c = d$, l'on aura $xx - dx = -ac$; & ajoutant de part & d'autre le carré de la moitié du coefficient du second terme, pour avoir un carré parfait,

il viendra $xx - dx + \frac{d^2}{4} = \frac{d^2}{4} - ac$, dont les racines sont $x - \frac{d}{2} = \sqrt{\frac{d^2}{4} - ac}$, & $\frac{d}{2} - x = \sqrt{\frac{d^2}{4} - ac}$; faisant attention que la seconde $\frac{d}{2} - x$, est celle que l'on doit prendre préféablement à la première, puisque le carré xx vient de la multiplication de $-x$ par $-x$, par conséquent le résultat donne $x = \frac{d}{2} - \sqrt{\frac{d^2}{4} - ac}$.

Si l'on suppose la hauteur IL du tuyau d'aspiration de 28 pieds, & que la hauteur BX du jeu du piston soit de 2 pieds; la plus haute élévation VX du jeu du piston, au-dessus de la surface de l'eau QR fera de 30 pieds, qui est la hauteur où l'eau pourroit monter, si la soupape inférieure étoit placée au fonds du corps de pompe, & que le piston en descendant pût la toucher, comme dans la sixième figure; mais cela n'étant point, cherchons, en suivant ses dimensions, jusqu'à quelle hauteur elle pourra monter.

Si l'on suppose le diamètre du corps de pompe, double de celui du tuyau d'aspiration, la hauteur réduite du corps de pompe sera de 8 pieds; ainsi l'on aura $a = 31$, $b = 28$, $c = 8$, & $b + c = d = 36$; appliquant les nombres précédens à l'équation

$x = \frac{d}{2} - \sqrt{\frac{d^2}{4} - ac}$, l'on trouvera 9 pieds 3 pouces 6 lignes pour

la valeur de l'inconnue, c'est-à-dire pour la hauteur où l'eau montera dans le tuyau d'aspiration, sans qu'elle puisse jamais passer outre; ce qui fait voir que cette pompe est la plus déféctueuse de toutes celles que l'on peut mettre en usage. Il est surprenant que M. Mariotte l'ait donné pour exemple, pag. 151, * en voulant établir une règle pour connoître à quelle hauteur l'eau peut monter dans les pompes aspirantes; & je n'en aurois pas parlé, si en faisant l'analyse de la quatrième figure, je n'étois obligé de supposer la

* Tiré du mouvement des eaux.

soupage inferieure, placée au bas du tuyau d'aspiration.

917. Quand il y a un espace entre le fonds du corps de pompe, & le piston, comme nous l'avons supposé dans le troisième cas, cet espace que nous nommerons *superflu*, peut faire manquer la pompe, en empêchant que l'eau qui s'est élevée à une certaine hauteur OP dans le tuyau d'aspiration, puisse monter plus haut; ce qui peut arriver quand même sa plus grande hauteur XB au-dessus de la surface de l'eau VX, seroit au-dessous de 30 pieds, si la hauteur du tuyau d'aspiration, le jeu du piston, l'espace superflu, & le poids de l'atmosphère n'ont point entre eux une certaine proportion.

Examen du
troisième
cas.

PLAN. 3.

FIG. 4.

Pour en juger, considérez qu'il y aura un moment où la colonne d'eau du tuyau d'aspiration, & l'air dilaté, quand le piston est monté jusques à sa plus grande hauteur AB, seront en équilibre avec le poids de l'atmosphère; & comme l'air resté dans le tuyau d'aspiration sera dans le même état que celui qui se trouve répandu dans le corps de pompe, il n'en passera pas davantage du premier dans le second: quand le piston descendra, la soupape E se refermera pour ne plus s'ouvrir, & l'air dilaté dans le corps de pompe se laissera comprimer, pour se reduire dans l'espace superflu CFGD, au même degré de condensation que celui de dehors; ainsi quoique l'on continue à faire jouer le piston, l'eau ne passera pas le terme où elle est restée.

918. Monsieur Parent au commencement du troisième volume de ses recherches de Physique & de Mathématique, propose huit problèmes qui appartiennent à notre troisième cas; il dit les avoir tiré d'un petit traité sur les pompes qu'il avoit dessein de faire imprimer; mais il ne l'a pas été, on ignore même ce qu'il est devenu, m'en étant informé à ceux qui pouvoient en avoir connoissance. Il est surprenant que cet ouvrage qui a été achevé & même approuvé par l'Académie Royale des Sciences en 1700, n'ait pas été mis au jour dans l'espace de 14 ans que M. Parent a vécu depuis, cet Auteur n'ayant pas coutume de laisser reposer ses écrits long-tems; il travailloit rapidement, & faisoit imprimer de même, ce qui est cause que ses Ouvrages quoique très-bons, & presque tous originaux sont un peu négligés. Par l'idée qu'il donne de son traité, il devoit comprendre de bonnes choses, dont il sembleroit avoir voulu faire mystère en proposant ces huit Problèmes, comme un espede de défi; disant page 62, qu'il n'a pas feint de les traiter de nouveaux, & de les proposer à résoudre aux Sçavans de l'Europe, comme du moins aussi dignes de leur application, qu'aucun

M. Parent
a proposé
aux Sçavans
huit
Problèmes
sur les pom-
pes.

Mij

Problème de Géométrie sèche, ou d'Algebre pure qui les ait occupé jusqu'ici. Cependant ils n'ont piqué l'émulation de personne, n'en ayant trouvé la solution en nul endroit; mais les trois premiers étant fort utiles, les voici dans les mêmes termes que M. Parent les a rapportés; je ferai voir ensuite les formules sur lesquelles sont établis les calculs numériques qu'il donne pour exemple, & dont il a supprimé l'analyse dans la pensée qu'on auroit beaucoup de peine à la découvrir. Je ne sçais sur quoi il a voulu fonder la fausse gloire de n'être entendu de personne; ce n'est qu'aux demi-sçavans à qui il appartient d'en user ainsi pour se faire admirer du vulgaire, le profond sçavoir de M. Parent étoit assez connu pour ne pas recourir à des finesses si peu dignes de lui, quelquefois le hazard fait découvrir une méthode que les plus habiles gens chercheront en vain, sans que pour cela ils perdent rien de leur supériorité.

PROBLEMES DE M. PARENT.

Proposés aux Sçavans, sur les mesures les plus parfaites des Pompes & de leurs aspirants.

Premier
Problème.

919. *Etant données les hauteurs du jeu du piston & du vuide du corps de pompe, trouver tant & de si parfaites pompes qu'on voudra.*

Soit par exemple le jeu du piston réduit de huit pieds de hauteur, & le vuide de 2; multipliez 8 par 32, nombre absolu, & divisez le produit 256, par 8 joint avec 2, c'est-à-dire par 10; le quotient donnera $25\frac{1}{2}$, & comme ce 10 est moindre que $25\frac{1}{2}$, tout nombre moindre que $25\frac{1}{2}$, comme 15, 20, &c. composera avec les hauteurs données 8 & 2, une pompe parfaite.

Mais si le vuide étoit de 12, ajoutant 8 avec 12, & divisant 256 ci-dessus, par leur somme 20; le quotient donnera $12\frac{1}{2}$, qui étant moindre que 20, il faudroit tirer la racine quarrée de 256; sçavoir 16, & la doubler, & du double 32, nombre particulier, ôter 20 pour avoir leur reste 12; alors tout nombre moindre que 12, comme 4, 6, 10, &c. pourra servir d'aspirant avec les nombres donnés 8 & 12; mais si la soustraction ne peut se faire, le Problème sera impossible, & cette pompe sera d'autant plus parfaite, que le nombre choisi sera petit.

Second Pro-
blème.

920. *Etant données les hauteurs du jeu du piston, & de l'aspirant, trouver tant & de si parfaites Pompes qu'on voudra.*

Soit la hauteur du jeu du piston de 8 parties, celle de l'aspirant de $25\frac{1}{2}$; retranchez cette dernière de 32, nombre absolu, le

reste sera $6\frac{1}{2}$, qu'il faut multiplier par 8 donné, dont le produit est $51\frac{1}{2}$, que l'on divisera par $25\frac{1}{2}$ ci-dessus, ce qui donnera 2 au quotient; comme donc ce 2, joint avec ce 8 ci-dessus, c'est-à-dire 10, soit moindres que $25\frac{1}{2}$, je prends 8 avec $25\frac{1}{2}$; & tout autre nombre moindre que 2, comme $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, &c. pour les trois dimensions de la pompe proposée; & plus ce nombre sera moindre que 2, plus la pompe sera parfaite.

Mais si la hauteur de l'aspirant étoit de $12\frac{2}{3}$, le jeu du piston étant toujours de 8; alors retranchant $12\frac{2}{3}$ de 32, nombre absolu, le reste est $19\frac{1}{3}$, qui étant multiplié par 8 donné, le produit est $153\frac{2}{3}$, & ce produit étant divisé par $12\frac{2}{3}$ donné, le quotient sera 12, qui étant ajouté à 8 donné, fait 20. Or 20 étant plus grand que $12\frac{2}{3}$, je tire la racine quarrée du produit de 32, nombre absolu, par 8 donné, c'est-à-dire de 256 ; ce qui donne 16, que je double pour avoir 32, nombre particulier, dont j'ôte 8, joint avec $12\frac{2}{3}$ donnés, c'est-à-dire $20\frac{2}{3}$, le reste est $11\frac{1}{3}$; alors tout nombre moindre que $11\frac{1}{3}$ pris pour le vuide, comme 4, 6, 10, &c. composera avec 8 & $12\frac{2}{3}$ donnés, une pompe si parfaite qu'on voudra, & plus ce nombre sera moindre que $11\frac{1}{3}$, plus la pompe sera parfaite.

Ayant cette longueur du vuide, il ne restera que de la réduire sur la grosseur du corps de pompe pour avoir la longueur naturelle du vuide.

921. *Etant données les hauteurs de l'aspirant & du vuide réduits à la grosseur de l'aspirant, trouver tant & de si parfaites pompes qu'on voudra.*

Troisième
Problème.

Soit le vuide réduit à la grosseur de l'aspirant de deux parties, l'aspirant de $25\frac{1}{2}$, multipliez les l'un par l'autre, pour avoir le produit $51\frac{1}{2}$; retranchant ensuite $25\frac{1}{2}$, de 32 nombre absolu, il restera $6\frac{1}{2}$, par lequel reste vous diviserez $51\frac{1}{2}$, & le quotient sera 8, à quoi vous ajouterez le 2 donné, pour avoir leur somme 10, laquelle étant moindre que $25\frac{1}{2}$ donné, tout nombre au-dessus de 8 étant pris pour le jeu du piston, composera avec les nombres donnez 2 & $25\frac{1}{2}$, une pompe si parfaite qu'on voudra; sçavoir, plus ce nombre au-dessus de 8 sera grand, plus la pompe sera parfaite.

Mais si le vuide est 12, & l'aspirant $12\frac{2}{3}$, multipliant ces deux nombres entre-eux pour avoir leur produit $153\frac{2}{3}$, & ôtant $12\frac{2}{3}$ de 32, nombre absolu pour avoir le reste $19\frac{1}{3}$, il ne resteroit que de diviser $153\frac{2}{3}$ par $19\frac{1}{3}$, pour avoir le quotient 8, lequel étant joint à 12 donné fait 20; & parce que 20 est plus grand que $12\frac{2}{3}$ donné, ajoutez ensemble 12 & $12\frac{2}{3}$, pour avoir la somme de $24\frac{2}{3}$, qu'il

M iij

faut ôter de l'absolu 32, pour avoir le reste $7\frac{1}{2}$, qu'il faut doubler afin d'avoir $14\frac{1}{2}$, dont on tirera la racine quarrée que l'on multipliera par 8 nombre absolu, ce qui donnera environ $30\frac{1}{2}$; j'ajoute ensuite au reste $7\frac{1}{2}$ ci-dessus l'absolu 32, ce qui donne $39\frac{1}{2}$, à laquelle somme j'ajoute $30\frac{1}{2}$, pour avoir $69\frac{1}{2}$, & j'en ôte aussi $30\frac{1}{2}$, le reste est $8\frac{1}{2}$; je prends donc entre $8\frac{1}{2}$, & $69\frac{1}{2}$ un nombre à plaisir pour la hauteur du jeu du piston, comme par exemple 30, lequel 30 avec les donnés 17 & $12\frac{1}{2}$, composera une pompe parfaite, & d'autant plus parfaite que ce nombre pris sera plus grand.

Ayant la hauteur du piston, il ne restera que de la réduire sur la grosseur du corps de pompe pour avoir la hauteur naturelle.

Les cinq autres Problèmes ne comprenant rien qui ne soit renfermé dans les précédens, je les passe sous silence; mais pour qu'on ne s'imagine pas qu'ils soient de quelque conséquence, en voici l'énoncé.

Quatrième
Problème.

922. Etant données les hauteurs du jeu du piston, & la somme des hauteurs de l'aspirant & du vuide, le tout réduit à la grosseur de l'aspirant, trouver tant & de si parfaites pompes qu'on voudra.

Cinquième
Problème.

923. Etant donnée la hauteur de l'aspirant, & la somme des hauteurs du jeu du piston & du vuide, réduites à la grosseur de l'aspirant, trouver tant, &c.

Sixième
Problème.

924. Etant donnée la hauteur du vuide avec la somme des hauteurs de l'aspirant & du jeu du piston, dans une pompe uniforme, renversée, trouver tant, &c.

Septième
Problème.

925. Etant donnée la hauteur de l'aspirant avec la somme de vuide & de la moitié du jeu du piston, trouver tant, &c.

Huitième
Problème.

926. Etant données dans les pompes uniformes renversées, la somme du jeu du piston & du vuide entier, & de la moitié du jeu du piston & de l'aspirant entier, trouver tant, &c.

L'on voit qu'en s'y prenant ainsi, cet Auteur au lieu de 8 Problèmes, en auroit pu proposer un aussi grand nombre qu'il auroit voulu, mais qui n'eussent toujours été qu'une combinaison des trois premiers.

Remarques
sur les trois
Problèmes de
M. Parent.

927. L'on a dû remarquer dans les trois premiers Problèmes que M. Parent distinguoit deux cas; le premier, lorsque le tuyau d'aspiration étoit plus grand que la somme du vuide & du jeu du piston; le second, lorsqu'au contraire la somme du vuide & du jeu du piston surpassoit l'aspirant. On a peine d'abord d'appercevoir la raison de cette différence, & pourquoi les opérations du second cas sont plus composées que celles du premier; aussi est-ce là le nœud de la théorie de son calcul; mais avant de l'expliquer,

il est à propos de commencer par rendre raison des opérations qu'il fait pour le premier cas.

928. Quand on a une pompe dans le goût de celle dont nous parlons, & qu'on la fait jouer pour faire monter l'eau dans le tuyau d'aspiration; il est constant que toutes les fois que le piston est descendu, l'air naturel contenu dans l'espace superflu CFGD, est en état de soutenir une colonne d'eau de 31 pieds de hauteur; & que quand le piston est élevé en AB, le même air s'étant dilaté diminue la force de son ressort dans la raison inverse de l'augmentation de son volume; par conséquent si l'eau ne peut passer au-dessus de la hauteur OP, on pourra dire que l'air ainsi dilaté n'est plus en équilibre, qu'avec ce qu'il manque à la colonne VP pour élever 31 pieds; puisque cet air est alors dans le même état que celui qui est resté dans l'espace OR, d'où l'on tire cette analogie, comme l'espace superflu CFGD est à la capacité composée du jeu du piston & de l'espace superflu; ainsi la hauteur qui manque à la colonne VP pour valoir 31 pieds, est à 31 pieds; supposant donc $a = 31$, $b = BG$, $c = DG$, & $x = OV$, l'on aura $b + c = BD$; & l'on pourra prendre c , & $b + c$ pour exprimer le rapport du volume de l'air naturel de l'espace superflu au volume du même air dilaté dans la pompe; ainsi l'on aura $c, b + c :: a - x, a$; & en raison inverse $b + c, c :: a, a - x$; & en divisant $b + c, b :: a, x$; d'où il suit que la somme du jeu du piston & du vuide, est au jeu du piston, comme le poids de l'atmosphère est à la hauteur du tuyau d'aspiration au-dessus de la surface de l'eau qu'on veut élever,

*Solution du
premier
Problème
de M. Pa-
rent, lors-
que le tuyau
d'aspiration
est plus
grand que
la somme du
vuide & du
jeu du pis-
ton.*

FIG. 4.

qui donne $\frac{ab}{b+c} = x$, qui est une formule qui répond au premier cas du premier Problème, où il est dit que pour avoir la hauteur du tuyau d'aspiration, il faut multiplier la hauteur du vuide par le poids de l'atmosphère, que M. Parent a supposé équivalent à une colonne d'eau de 32 pieds, & diviser le produit par la somme du vuide & du jeu du piston.

Si l'on donne pour hauteur au tuyau d'aspiration le quotient de la division précédente, l'eau montera indubitablement jusques au-dessus de la soupape E, & ne passera jamais dans le corps de pompe, quoique l'on continue à faire jouer le piston, à moins que l'on ne diminue la hauteur du tuyau d'aspiration, pour augmenter la colonne d'eau équivalente au ressort de l'air dilaté dans le corps de pompe; venant à élever le piston immédiatement après, il restera assez de force à l'air extérieur pour contraindre l'eau à ouvrir la soupape pour passer ensuite dans le corps de pompe, & surmon-

FIG. 4. ter jusqu'à un certain point la résistance de l'air qu'elle y trouvera ; pour se mettre, par exemple, au niveau MN, au moment qu'elle aura atteint l'équilibre ; ensuite le piston venant à descendre, la soupape E se fermera, l'eau qui est entrée dans le corps de pompe s'y trouvera enfermée, le piston comprimera l'air plus fortement qu'il n'avoit fait auparavant, c'est-à-dire, plus que ne l'est

PLAN. 3. celui de dehors, parce qu'il ne trouvera pour se réduire que l'espace MFGN, au lieu de CFGD ; ainsi il ouvrira la soupape L,

FIG. 4. pour s'échapper & se mettre en équilibre avec l'air extérieur. (812) Lorsque le piston viendra à remonter, ce qui sera resté d'air se dilatera de nouveau, & la force de son ressort se trouvant au-dessous de la pression de la partie du poids de l'atmosphère, qui agira dans ce moment ; le niveau MN de l'eau s'élèvera encore de quelques pouces, & continuant à faire jouer le piston, il arrivera enfin qu'elle le suivra immédiatement.

Voilà ce qui a fait dire à M. Parent, que plus le tuyau d'aspiration seroit au-dessous de sa hauteur naturelle, & plus la pompe seroit parfaite ; (911) cependant comme il est inutile de le diminuer plus qu'il ne faut, examinons à quoi doit aller cette diminution, afin que l'eau étant parvenue à la soupape E, puisse monter au premier coup de piston à une hauteur déterminée MN dans le corps de pompe.

*Règle pour
diminuer la
hauteur du
tuyau d'aspiration,
pour que
l'eau puisse
monter dans
le corps de
pompe à
une hauteur
donnée.*

929. Le trou du piston devant faire partie de l'espace superflu, puisqu'il en augmente le volume, nous supposons que son diamètre HI est de 3 pouces, de même que celui du tuyau d'aspiration, que la hauteur IK est de 4, le diamètre du corps de pompe de 9, la hauteur GD du vuide de 8, & celle du jeu du piston de 24. Cela posé, réduisant la grosseur du corps de pompe à celle du tuyau d'aspiration, on trouvera 18 pieds pour le jeu du piston, & 6 pour le vuide, à quoi ajoutant 4 pouces pour la hauteur du trou K, nous aurons $a = 31$, $b = 18$, & $c = 6\frac{1}{2}$; & l'on trou-

vera suivant la formule $\frac{ab}{b+c} = x$, que la hauteur naturelle du tuyau d'aspiration doit être de 22 pieds 6 pouces.

Présentement si l'on veut que l'eau monte à la hauteur MN de 4 pouces au premier coup de piston que l'on donnera immédiatement après qu'elle aura atteint la soupape E : Je considère que le tuyau d'aspiration étant supposé de 22 pieds $\frac{1}{2}$, il reste 8 pieds $\frac{1}{2}$ pour la colonne d'eau qui est en équilibre avec l'air de l'espace superflu, après s'être dilaté dans le corps de pompe, & que cet air se trouvant resserré dans l'espace MABN, aura plus de force de

de ressort qu'il n'avoit étant répandu dans l'espace CABD, dans la raison inverse de la diminution de son volume, (812, 813) c'est-à-dire, comme $21\frac{1}{2}$ est à $24\frac{1}{2}$, parce que l'espace CMND étant réduit à la grosseur du tuyau d'aspiration, donne 3 pieds, au lieu de 4 pouces pour la hauteur NB, qu'il a fallu retrancher de $24\text{ pieds}\frac{1}{2}$; ainsi multipliant $24\text{ pieds}\frac{1}{2}$ par $8\frac{1}{2}$, & divisant le produit par $21\frac{1}{2}$, l'on trouvera à peu près 9 pieds 9 pouces pour la hauteur de la colonne d'eau équivalente à la partie du poids de l'atmosphère, qui doit faire monter l'eau à la hauteur donnée, qui étant retranchée de 31 pieds, reste 21 pieds 3 pouces pour la hauteur du tuyau d'aspiration; alors on sera assuré qu'en continuant de pomper, l'eau suivra le piston, comme on l'a expliqué dans l'article 790.

930. Je reviens à l'examen des Problèmes de M. Parent; dans le second on donne le jeu du piston & la hauteur de l'aspirant, on demande de trouver celle du vuide; pour cela nous servant de la même formule $\frac{ab}{b+c} = x$, nous nommerons p l'aspirant, & y

Solution du second Problème, avec la circonstance de l'art. 928.

la hauteur du vuide; ainsi mettant p , à la place de x , & y à la

place de c , l'on aura $\frac{ab}{b+y} = p$, ou $\frac{ab-pb}{p} = y$, qui indique le même calcul que celui de ce problème, puisqu'il faut soustraire l'aspirant p , de a , poids de l'atmosphère, multiplier la différence par le jeu du piston, & diviser le produit par l'aspirant, pour avoir un quotient qui exprimera la hauteur du vuide.

931. Dans le troisième Problème, on demande le jeu du piston, moyennant la connoissance de l'aspirant & du vuide; mettant dans la formule y , à la place de b , l'on aura $\frac{ay}{y+c} = p$, qui donne $\frac{pe}{a-p} = y$; c'est-à-dire, qu'il faut multiplier l'aspirant par le vuide, & diviser le produit par la différence de 31, à la hauteur de l'aspirant.

Solution du troisième Problème, avec la circonstance de l'art. 928.

932. A l'égard du second cas, il paroît d'abord renfermer une contradiction, puisqu'il est naturel de penser, que moins le tuyau d'aspiration aura de hauteur, par rapport à la somme du jeu du piston & du vuide, & plus la pompe sera parfaite; cependant il faut faire attention, qu'après avoir trouvé la hauteur de l'aspirant, & l'ayant diminué pour que l'eau puisse passer dans le corps de pompe, il pourroit bien arriver encore qu'elle s'arrêteroit en chemin sans jamais parvenir jusqu'au piston, quoique l'on continue à le

Raison pour laquelle M. Parent change de Méthode, lorsque la hauteur du tuyau d'aspiration, est moindre que la somme de

vide & du jeu du piston. faire jouer ; car si l'espace vuide excède le jeu du piston , l'air n'en sera fermé dans la pompe ne se dilatant que médiocrement , il lui restera assez de ressort pour arrêter l'eau en chemin ; & cet inconvénient sera d'autant plus à craindre que le jeu du piston sera petit par rapport à l'espace vuide ; mais lorsqu'il arrive le contraire , il importe peu que la somme du jeu du piston & du vuide surpasse la hauteur de l'aspirant.

PLAN. 3. Quand l'eau est parvenue dans le corps de pompe à une cer-

FIG. 4. taine hauteur MN , & que l'on continue à faire jouer le piston pour la faire monter plus haut , la soupape E n'a pas plus d'avantage placée où elle est , que si elle étoit posée au bas du tuyau d'aspiration , comme dans la figure cinquième , parce que l'air naturel renfermé dans l'espace MFGN , s'appuie immédiatement

PLAN. 3. sur l'eau , & alors la pompe tombe précisément dans le cas de tout ce que nous avons dit au sujet de la figure cinquième ; c'est pourquoi l'on peut supposer que la soupape E est placée à l'extrémité ST , du tuyau d'aspiration.

Analys. du calcul que fait M. l'auteur , lorsqu'il suppose que la hauteur du tuyau d'aspiration est moindre que la somme du jeu du piston. 933. Si l'on réduit le diamètre du corps de pompe à celui du tuyau d'aspiration , il n'y aura plus de distinction à faire entre ce tuyau & le vuide du corps de pompe , puisqu'on fait abstraction de la soupape qui les séparoit ; c'est pourquoi il faut considérer le vuide , comme faisant partie du tuyau d'aspiration , & supposer que leur somme est indéterminée ; ainsi nous la nommerons z , pour résoudre le second cas du premier Problème , d'où dépend celui des autres suivans ; d'autre part nous nommerons encore c , le jeu du piston , & x , la hauteur où l'eau pourra s'élever par aspiration. Or selon ce qui a été dit , article 916 , l'on aura cette proportion $a - x : z - x :: z + c - x$, qui donne $xx - zx - cx + ac = 0$, après la réduction , ou $xx - zx - cx = -ac$, & ajoutant de part & d'autre le carré de la moitié du coefficient $z + c$,

$$\text{l'on aura } xx - zx - cx + \frac{z+c}{2}^2 = \frac{z+c}{2}^2 - ac , \text{ ou } x = \frac{z+c}{2} -$$

$$\sqrt{\frac{z+c}{2}^2 - ac}.$$

Pour connoître la hauteur du tuyau d'aspiration , & jusqu'où l'eau pourra y monter , considérez que selon la nature de l'équation précédente , si $\frac{z+c}{2}$ surpasse ac , la différence étant positive , il faudra après en avoir extrait la racine , la soustraire de $\frac{z+c}{2}$, parce

que le signe radical est précédé de — ; & au contraire si ac est plus grand que $\frac{z+c}{2}$, la différence étant négative, il faudra ajouter la racine à $\frac{z+c}{2}$; mais dans ces deux cas, il n'y a que le premier de possible, parce que dans le second, la différence ne peut donner qu'une racine imaginaire; nous ne considérerons donc que ce qui doit arriver dans le premier.

Remarquez que dans un sens x , croît selon que $z+c$ augmente, & que dans un autre, il peut arriver le contraire; car plus $\frac{z+c}{2}$ surpassera ac , & plus la racine quarrée de la différence sera grande; & comme il faut soustraire cette racine de $\frac{z+c}{2}$, cela ne se

peut sans diminuer la grandeur x ; il est vrai que $\frac{z+c}{2}$ augmentera, à mesure que la différence des deux termes qui sont sous le signe croîra; mais comme les racines des petites quantités sont plus grandes à proportion que celles des autres quantités qui les surpassent, il s'ensuit que x perdra plus par la soustraction qu'il faut faire, qu'elle ne gagnera par l'accroissement de $\frac{z+c}{2}$, & qu'elle perdra d'autant plus que $\frac{z+c}{2}$ surpassera ac ; d'un autre côté si $\frac{z+c}{2}$

devient en diminuant moindre que ac , la grandeur x deviendra imaginaire; mais il y a un milieu, c'est qu'en évitant le second cas, la différence des deux termes sous le signe, soit la plus petite qu'il est possible; & cela arrive lorsque ces deux termes sont égaux, parce que se détruisant, le signe radical s'évanouit, alors il naît un troisième cas qui renferme ce que l'on demande, & d'où l'on tire les remarques suivantes.

934. Lorsque $\frac{z+c}{2}$ est égal à ac , il arrive qu'en extrayant la racine quarrée des deux membres de cette équation, l'on a $\frac{z+c}{2} = \sqrt{ac}$

qui fait voir que la moitié de la somme des hauteurs du jeu du piston & du tuyau d'aspiration, ou si l'on aime mieux la moitié de la somme des hauteurs du jeu du piston, du vuide & de l'aspirant, est moyenne proportionnelle entre le jeu du piston & la hauteur

Une Pompe est parfaite lorsqu'il y a la moitié de la somme du jeu du piston, du vuide & de l'aspirant, est

N ij

meijne
proportion-
nelle entre
le jeu du
piston & la
hauteur de
la colonne
d'eau équi-
valente au
poids de l'at-
mosphère.

de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmosphère, ou ce qui revient au même, la somme des hauteurs du jeu du piston, du vuide & de l'aspirant, est égale au double de la racine quarrée du produit du jeu du piston, multiplié par le poids de l'atmosphère, puisqu'en faisant évanouir la fraction, il vient $z+c=2\sqrt{ac}$.

935. L'on remarquera aussi que quand le signe radical s'éva-
nouit, il reste $x = \frac{z+c}{2}$, qui fait voir que l'eau montera dans la

Autre con-
séquence ef-
fentielle si-
vée de la
formule gé-
nérale de
l'art. pré-
cédent.

pompe à une hauteur égale à la moitié de la somme du tuyau d'aspiration, du vuide & du jeu du piston; que par conséquent si le tuyau d'aspiration est moindre que la moitié de cette somme, c'est-à-dire au-dessous de la valeur du jeu du piston & du vuide pris ensemble; l'on est sûr que l'eau passera dans le corps de pompe, & que diminuant un peu la hauteur naturelle de l'aspirant, elle parviendra jusqu'au piston.

Application
de la remar-
que, à la so-
lution du se-
cond cas du
premier
problème de
M. Parent.

936. Voilà deux remarques sur lesquelles les calculs de M. Parent sont fondés, qui ont tous pour objet de faire enforte, lorsque le jeu du piston, joint à la hauteur du vuide, surpasse l'aspirant, que la somme des hauteurs réduites des trois parties d'une pompe, soit toujours égale au double de la racine du produit du jeu du piston par le poids de l'atmosphère; parce qu'ainsi ayant la somme de ces trois termes, & deux en particulier, il n'y a pas de difficulté de connoître l'autre, comme nous l'allons faire voir en appliquant l'équation $z+c=2\sqrt{ac}$ aux Problèmes en question. (919) Pour avoir une formule qui quadre encore mieux avec ces Problèmes, nous supposons que b , exprime la hauteur du vuide, & p , celle de l'aspirant, alors nous aurons $b+p=z$; par conséquent $c+b+p=2\sqrt{ac}$, qui renferme les trois parties de la pompe. J'ajouterai que si l'on fait disparaître le signe radical de

l'équation $x = \frac{z+c}{2} - \frac{\sqrt{z+c}}{2} - ac$, sans avoir égard à aucune supposition, il viendra $xz - xx + cx - ac = 0$, qui est une équation à l'hyperbole par rapport à ses asymptotes, dont faisant la construction, l'on y trouvera les mêmes conséquences que celles que je viens d'expliquer dans les articles 933, 934, 935.

Dans le second cas du premier Problème, voulant connoître la hauteur de l'aspirant, il n'y a qu'à mettre dans la formule précédente x à la place de p , & l'on aura $x = 2\sqrt{ac} - c - b$, qui indique le même calcul que celui de M. Parent; (919) car ici il faut multiplier le poids de l'atmosphère par le jeu du piston, extraire

la racine quarrée du produit, doubler cette racine, & du double soustraire la somme des hauteurs du jeu du piston & du vuide, la différence sera ce que l'on cherche.

937. A l'égard du second Problème, où l'on demande la hauteur de l'espace vuide; mettant dans la formule x à la place de b , il vient $x = 2\sqrt{ac} - c - p$, qui répond aussi au calcul numérique du second cas de ce Problème, (920) qui est de multiplier encore le poids de l'atmosphère par le jeu du piston, extraire la racine quarrée du produit, du double de cette racine en soustraire la somme des hauteurs du jeu du piston & de l'aspirant, pour avoir la différence qui donnera ce que l'on demande.

Application de la même formule, au second cas du second Problème.

938. Comme il est question dans le troisième Problème de chercher le jeu du piston, nous mettrons dans la formule x à la place de c , pour avoir $x + b + p = 2\sqrt{ax}$, & supposant $b + p = n$, l'on aura en quarrant les deux membres de la formule, $xx + 2nx + nn = 4ax$, ou bien $xx + 2nx - 4ax = -nn$; & supposant encore $2n - 4a = -2d$, l'on aura $xx - 2dx = -nn$, ou $xx - 2dx + dd = dd - nn$, ou enfin $x = d + \sqrt{dd - nn}$, & $x = d - \sqrt{dd - nn}$, pour les deux racines de cette équation. Or si l'on prend les mêmes nombre que ceux du Problème, (921) l'on aura $n = 24\frac{1}{2}$, & $d = 39\frac{1}{2}$, ou $nn = 615\frac{1}{4}$, & $dd = 1536\frac{1}{4}$, dont la différence est $921\frac{1}{4}$, qui a pour racine quarrée $30 + \frac{1}{2}$, laquelle étant retranchée & ajoutée à la valeur de d , c'est-à-dire à $39\frac{1}{2}$, il vient $8\frac{1}{2}$, & $69\frac{1}{2}$ pour la valeur des deux racines, qui sont les mêmes nombres que ceux qu'a trouvés M. Parent. L'on remarquera qu'il n'y a que la première $8\frac{1}{2}$ qui soit la véritable, c'est-à-dire qui détermine la hauteur naturelle du jeu du piston, & que c'est assez mal-à-propos que cet Auteur dit qu'il faut prendre entre $8\frac{1}{2}$ & $69\frac{1}{2}$, un nombre à plaisir comme 30 pour le jeu du piston; il est bien vrai qu'on ne fera pas mal de lui en donner un peu plus que la règle ne l'indique; mais on est pas le maître d'augmenter le jeu d'un piston autant qu'on le veut, puisqu'il est assujetti aux parties de la machine qui lui donnent le mouvement. Au reste, pour être convaincu que $8\frac{1}{2}$ répond à la formule $c + b + p = 2\sqrt{ac}$, on n'a qu'à multiplier $8\frac{1}{2}$ par 32, extraire la racine quarrée du produit & la doubler, l'on aura un nombre égal autant qu'il peut l'être, à la somme des hauteurs des trois parties de la pompe.

Application de la même formule, au second cas du troisième Problème.

939. Il semble qu'avant de parler des Problèmes précédens, j'aurois dû insinuer pourquoi l'on ne peut se dispenser de faire des pompes qui comprennent un espace vuide d'une capacité déterminée; mais j'ai crû que cela n'étoit pas nécessaire, puisqu'on a

Pourquoi l'on ne peut se dispenser d'en faire des.

fans de faire des pompes qui comprennent un espace sur pied.

PLAN. 1.
& 2.

PLAN. 3.

dù s'appercevoir que cet espace étoit indispensable aux pompes aspirantes & refoulantes, comme sont celles des figures 6, 7, 13, 15, 20, 25, dans lesquelles le tuyau montant, ou celui d'aspiration, communiquant au corps de pompe par le côté, empêchent que le piston ne puisse descendre jusqu'au fond, autrement l'on tomberoit dans l'inconvénient que nous avons remarqué article 884; l'on fera seulement attention, que pour déterminer cet espace on doit observer trois choses. La première, que voulant par exemple unir un tuyau montant au corps de pompe de la quatrième figure, il faut que le diametre GN, de la branche GNZY, soit égal à celui du corps de pompe: (897) la seconde, que cette branche approche le plus près qu'il sera possible du fonds du corps de pompe: (884) la troisième, faire en sorte de ne lui donner que le moins d'étendue que l'on pourra, parce que sa capacité depuis GN jusqu'à la soupape qui soutient l'eau dans le tuyau montant, fait partie du vuide; (915) c'est pourquoi quand l'on veut faire quelques-uns des calculs précédens, l'on divise l'espace CFGY, ZND, ou tout autre, par le carré du diametre de l'aspirant, & le quotient donne un nombre qui exprime la hauteur du vuide, l'on en fait de même pour avoir celle du jeu du piston: la branche dont nous parlons n'étant qu'ébauchée, l'on pourra en sa place considérer celle de la septième figure.

Maxime générale sur les tuyaux d'aspiration qui sont courbés, ou qui reposent sur des plans inclinés.

940. Il arrive assez souvent que les tuyaux d'aspiration ne sont pas droits, pouvant ramper le long d'un plan incliné, être courbés, & même aller en serpentant, pour être conduits à l'endroit où ils doivent tremper dans l'eau; mais de quelque manière qu'ils soient disposés, leur hauteur ne doit être considérée que par celle du piston au-dessus des plus basses eaux; (360) & lorsqu'elle sera bien proportionnée, l'eau montera de même que si ces tuyaux étoient droits; la seule différence, c'est qu'ayant plus de volume, on mettra plus de tems à expulser l'air.

Erreur en tous la plupart des Ouvriers & Machinistes, sur l'élevation de l'eau, dans les Pompes aspirantes.

941. Ceux qui ignorent la mécanique de l'air, s'imaginent que pour faire monter l'eau dans une pompe aspirante, il suffit d'en introduire dedans pour remplir le tuyau d'aspiration & l'espace vuide, & qu'en suite on n'a plus qu'à remettre le piston & faire jouer la machine, sans avoir égard à toutes les considérations dont j'ay parlé; ils croyent même qu'il n'est pas possible qu'elle s'y élève jamais, sans s'y prendre ainsi, parce qu'en ayant fait l'essai, l'eau n'a point paru après un certain tems, ce qui les a fait conclure qu'elle ne monteroit point du tout; mais s'ils avoient eu plus de patience, ils auroient vu le contraire. Je conviens que quand le

jeu du piston est médiocre , & qu'il est élevé autant qu'il peut l'être au-dessus de la source, l'air est long-tems à s'évacuer , & qu'il faudra peut-être 5 ou 600 coups de piston avant que l'eau le suive ; cependant à la fin cela arrive , à moins que la pompe n'ait pas été faite selon les regles précédentes , & que l'eau ne se soit arrêtée en chemin. Mais je veux que toutes les fois qu'on aura été obligé de mettre la pompe à sec pour renouveler les cuirs des pistons, celui des soupapes, ou réparer quelqu'autre défaut, on la remplisse pour une plus prompte exécution, lorsqu'on voudra la faire agir ; cela n'est pas toujours aussi aisé qu'on pourroit se l'imaginer , car il faudra fermer le tuyau d'aspiration par le bout inférieur au-dessous des plus basses eaux de la source , autrement à mesure que l'on en verseroit elle se perdrait. Or si ce tuyau est plongé dans une rivière sujette à grossir , & que son extrémité se trouve quelquefois à 10 ou 12 pieds au-dessous de la surface, comment l'aller fermer toutes les fois que l'on sera obligé de faire cette manœuvre ; tout cela ne se fera point sans beaucoup de sujétion , à moins que l'on n'y mette une seconde soupape ; mais on aura toujours la difficulté de maintenir levée celle du corps de pompe , pour que l'eau que l'on veut verser puisse descendre , au lieu qu'en suivant les regles , on prévient tous ces inconvéniens.

942. M. l'arant parle dans le Livre que j'ai cité (918) page 63, d'une pompe qu'il nomme parfaite , dans laquelle il dit que le vuide est nul , quoiqu'elle soit aspirante & refoulante , comme la sixième figure , que j'ai vu exécutée chez un Fondeur à Paris ; l'on suppose que le piston peut descendre jusqu'à la soupape inférieure, que venant à remonter , il aspire l'eau d'une part , & la refoule de l'autre dans le tuyau montant L.Z, enté avec le corps de pompe par le moyen de la communication BGHC, servant aussi à loger le piston ; mais cette pompe a trois inconvéniens. Le premier , c'est qu'il n'est gueres possible d'élever l'eau à une hauteur considérable , à cause de la longueur qu'il faudroit donner à la tige du piston , qui deviendrait fort incommode par elle-même , & par le poids dont elle chargeroit la puissance , & que d'ailleurs on est assujéti à élever l'eau perpendiculairement. Le second , c'est que toutes les fois qu'il faudra réparer la soupape inférieure , ou renouveler les rondelles de cuir qui se trouvent dans la jonction du corps de pompe & de l'aspirant ; il faudra démonter tous les tuyaux montans : enfin le troisième , c'est que faisant le tuyau L.Z plus étroit que le corps de pompe , la puissance n'en sera pas moins chargée d'une colonne d'eau qu'auroit pour base le cercle

*Examen
d'une pompe
que M.
Parent pro-
pose comme
parfaite.*

PLAN. 3.

FIG. 6.

du piston, & pour hauteur celle du réservoir au-dessus de la source, selon l'article 903, de même que si le tuyau étoit uniforme, comme EFKI, & même de quelque chose de plus, parce que l'eau sera obligée de monter plus vite dans ce tuyau, qu'elle ne feroit si elle n'étoit point étranglée; il est vrai qu'on peut éviter ce dernier inconvénient, en faisant le tuyau plus gros. Je ne chicane pas sur le terme de *nul* dont se sert M. Parent, à l'occasion du vuide dont il croit cette pompe exempte, quoique cela ne soit point à la rigueur, puisqu'il ne peut annuler ce qui est causé par le trou du piston.

FIG. 7.
Description
d'une pompe
qui n'a
d'autre ef-
pace super-
flu, que le
vuide causé
par le trou
du piston.

943. La figure septième représente une pompe dans le goût de la précédente, mais qui n'en a pas les inconvénients; le tuyau d'aspiration VX est uni comme à l'ordinaire à un corps de pompe ABCD, au fond duquel est une soupape T: ce corps de pompe qui est accompagné de brides, à son entrée est fermé d'une plaque de fonte MN; dans le milieu est un collet de même métal, à travers lequel passe la verge QR du piston S; cette verge glisse contre plusieurs rondelles de cuir OP, couvertes d'un anneau, le tout cstreint avec le collet: par ce moyen le piston joue sans que l'eau puisse sortir par l'entrée de la pompe, ou s'il y en passe, c'est en si petite quantité qu'elle ne mérite pas qu'on y fasse attention.

La branche FAEGH, qui répond au tuyau montant IK, se trouve ici vers le sommet du corps de pompe, au lieu d'être au bas, afin d'éviter l'espace vuide: quand au piston, il n'a rien de commun avec ceux des pompes précédentes: pour en bien juger, il en faut voir la description dans les articles 955, 956; ainsi supposant qu'on les ait lûs, en voici le jeu.

L'eau étant parvenue par aspiration dans le corps de pompe, quand le piston vient à descendre, les deux clapets dont il est couvert s'ouvrent, & l'eau passe au travers, tant qu'il soit arrivé jusqu'à la soupape T: lorsqu'il remonte, les clapets se reserment, & l'eau n'ayant d'autre débouché que par le trou AE est refoulée dans le tuyau montant, comme à l'ordinaire; sur quoi il est à remarquer que le piston est toujours entre deux eaux, parce que toutes les fois qu'il descend, celle qui se trouve dans la branche GA, & dans la partie EB du corps de pompe descend avec lui; ainsi l'air ne peut jamais s'introduire par le piston dans le corps de pompe, ce qui est un avantage essentiel.

Sur l'épaisseur qu'il faut donner aux Corps de Pompe, & aux Tuyaux de Cuivre & de Plomb.

L'épaisseur qu'il convient de donner aux corps de pompe & aux tuyaux, est encore une recherche très-importante ; à moins que l'on n'ait quelques regles sûres, il pourra arriver qu'on les fera trop épais, par conséquent chargés d'une quantité de métal superflu, ou trop foibles, ce qui mettra la machine en danger d'échouer, comme cela est arrivé plusieurs fois. M. Parent est le premier qui ait examiné ce sujet en Géomètre, dans les Mémoires de l'Academie Royale des Sciences de 1707, mais j'ai suivi une route un peu différente de la sienne pour me rendre plus intelligible.

944. Si l'on se rappelle ce qui a été dit sur la poussée de l'eau, (361) on concevra aisément qu'ayant un tuyau AB situé verticalement, & rempli d'eau, il pourroit être tellement chargé qu'il creveroit par le bas, c'est-à-dire qu'il se feroit une fente verticale FG à sa surface cylindrique; ce qui arrivera par le bas, parce que l'effort de l'eau y agit plus puissamment que dans tout autre endroit; ainsi faisant abstraction du poids que soutient la base, il est question de sçavoir quel est l'effort qui déchire le tuyau, quelle en est la mesure, & quelle épaisseur il doit avoir pour y résister.

945. Ayant tiré les diametres AC & FD, qui se coupent à angles droits, il est évident que l'eau qui répondra aux deux quarts de cercle AF & FC, agira en sens contraire selon les directions IH & IK, paralleles au diametre AC pour les separer, en déchirant le tuyau de F en G, & qu'il pourra arriver la même chose aux quarts de cercle opposés AD & DC, qui tendront aussi à se separer au point D, & à tous les autres quarts de cercle, pris à tel endroit que l'on voudra de la circonférence : cela posé, nous regarderons le cercle exprimé par la figure douzième, comme la base du cylindre, dont la circonférence tiendra lieu de la surface en faisant abstraction de sa hauteur dont on peut se passer présentement.

Si la base du tuyau étoit un dodecagone régulier, on auroit au lieu d'un cylindre un prisme, dont les côtés FS, SX, XC, inscrits dans le quart de cercle FC, pourroient être pris pour trois faces du prisme. Selon cette supposition, l'eau qui appuyera contre la face FS, agira perpendiculairement pour l'éloigner du centre E, avec une force qu'on pourra exprimer par la longueur FS de cette face. Si du point S, l'on abaisse la perpendiculaire

Le plus grand effort de l'eau dans un tuyau vertical ou incliné, se fait vers le bas du même tuyau.

PLAN. 3.

FIG. 13.

L'eau pour creuser un tuyau agit toujours sur deux quarts de cercle conigus, qu'elle tend à separer selon des directions paralleles au diametre.

PLAN. 3.

FIG. 12.

SR sur le demi-diametre EF, la force précédente sera composée de deux autres FR & RS, selon le principe général de la Mécanique; (20) la premiere FR poussera la face FS, selon une direction parallele au diametre AC; d'où il suit que l'action perpendiculaire de l'eau est à l'effort qu'elle fait pour séparer la face FS, du point F, comme FS est à FR. (380, 381)

Ce que nous venons de dire de l'action de l'eau contre la premiere face FS, conviendra aussi aux deux autres SX & XC; car si l'on tire la ligne XV parallele au diametre AC, & que l'on abaisse les perpendiculaires ST & XY, la force absolue de l'eau, contre la seconde & la troisième face, sera partagée en deux autres ST, TX pour la seconde face, & XY, YC pour la troisième; il arrivera alors, que l'action perpendiculaire de l'eau sur les trois faces, sera à l'effort qui les pousse selon la direction parallele au diametre AC, comme $FS + SX + XC$ est à $FR + ST + XY$, ou $FR + RV + VE = FE$: la somme des puissances exprimées par les lignes RS, TX, YC, étant aussi égale au rayon; l'on voit qu'agissant selon des directions paralleles au diametre FD, l'on aura encore la même proportion pour l'effort que l'eau fait dans ce sens.

Si l'on considere un cercle comme un Poligone d'une infinité de côtés, l'on pourra dire que l'effort perpendiculaire de l'eau contre tout le quart de cercle, est à l'effort qui déchire, comme la somme de tous les côtés infiniment petits, pris depuis F jusqu'en C, (c'est-à-dire le quart de cercle même) est au rayon. Comme il en arrivera autant au quart de cercle FA, l'effort qui se fera de part & d'autre pour déchirer le tuyau au point F, sera dans le même cas, que si deux puissances P & Q agissoient en sens contraire, pour séparer les deux quarts de cercle, selon des directions paralleles au diametre AC.

L'effort absolu de l'eau qui agit sur toute la surface d'un tuyau, est à l'effort qui tend à le déchirer, comme la circonférence d'un cercle est à son rayon.

Expérience faite sur la

946. L'effort perpendiculaire de l'eau pris en son entier, agissant sur toute la circonférence du tuyau, & celui qui déchire n'agissant que sur un point que l'on peut prendre indifféremment à tel endroit que l'on voudra; il s'en suit que l'effort perpendiculaire de l'eau qui agit sur la surface du tuyau, est à l'effort qui tend à le déchirer, comme la circonférence du même tuyau est au rayon, ou comme 6 est à 1, en supposant la circonférence sextuple du rayon.

947. En suivant cette théorie, il est aisé d'exprimer géométriquement l'effort par lequel l'eau creve un tuyau; mais pour en faire l'application, il faut être prevenu de quelque expérience. On sçait qu'un tuyau de plomb de 12 pouces de diametre & de 60

pieds de hauteur, doit avoir 6 lignes d'épaisseur pour soutenir verticalement sans crever l'effort de l'eau : l'on sçait encore qu'un tuyau de cuivre aussi de 12 pouces de diametre & de 60 pieds de hauteur, doit avoir deux lignes d'épaisseur pour soutenir de même l'effort de l'eau dont il est rempli ; d'où il suit que les tuyaux de cuivre ont une force triple de ceux de plomb, toutes choses d'ailleurs égales, ce qui s'accorde assez bien avec celles que M. Parent cite.

Cela posé, je nomme h , la hauteur du tuyau tiré de l'expérience ; r , son rayon ; c , sa circonférence ; & n , son épaisseur ; l'on aura hn , pour la surface de rupture, & hc pour la surface du tuyau qui étant multipliée par la moitié de la hauteur de l'eau, (374) l'on aura $\frac{chh}{2}$ qui exprime l'effort perpendiculaire de l'eau contre la surface du tuyau ; pour connoître celui qui tend à le crever, l'on fera cette proportion, $c, r :: \frac{chh}{2}, \frac{hhr}{2}$, c'est-à-dire comme la circonférence est au rayon ; ainsi l'effort perpendiculaire est à celui qui agit sur la surface de rupture hn . (346)

L'on voit que les deux termes hn & $\frac{hhr}{2}$ vont devenir communs à toutes les proportions qu'on voudra faire pour trouver les épaisseurs des tuyaux de toutes sortes de grandeurs, pourvu qu'on les fasse de même métal que celui de l'expérience : par exemple, si l'on a un tuyau dont la hauteur soit nommée p , son rayon q , la circonférence s , & son épaisseur x ; la surface de rupture sera px , & l'effort perpendiculaire de l'eau sera $\frac{psp}{2}$.

948. Pour avoir l'effort qui tend à déchirer ce tuyau, l'on aura encore $s, q :: \frac{psp}{2}, \frac{pqg}{2}$, dont le quatrième terme $\frac{pqg}{2}$, donne ce qu'on demande ; l'on peut donc former cette analogie, comme la surface de rupture hn du tuyau d'expérience, est à l'effort $\frac{hhr}{2}$ qu'elle soutient ; ainsi la surface de rupture px , du tuyau dont il s'agit, est à l'effort $\frac{pqg}{2}$ qu'elle doit soutenir ; d'où l'on tire cette équation $\frac{hhrpx}{2} = \frac{pqghn}{2}$, ou après la réduction, $x = \frac{pqg}{hr}$, qui est une formule générale & très-simple, pour trouver l'épaisseur de tel tuyau qu'on voudra.

*résistance
des tuyaux
de plomb &
de cuivre
pleins d'eau*

*Formule générale pour
trouver l'épaisseur
qu'il conviendrait de
donner aux
tuyaux selon leur
hauteur & leur dia-
mètre.*

O ij

L'équation précédente fournit trois conséquences auxquelles l'on peut réduire tout ce qu'on vient de voir. La première, que deux tuyaux soutiendront également l'effort de l'eau qui tend à les crever, si leurs épaisseurs sont dans la raison composée de leur diamètre & de leur hauteur; c'est-à-dire, si l'épaisseur du premier tuyau est à celle du second, comme le produit du diamètre du premier par sa hauteur, est au produit du diamètre du second par la sienne; car $x = \frac{29n}{h}$, donne $2hr$, $2pq :: n, x$, en multipliant les deux pre-

miers termes par 2, pour avoir les diamètres au lieu des rayons.

La seconde, que les tuyaux qui ont la même hauteur, doivent avoir leur épaisseur dans la raison de leurs diamètres; car prenant h pour la hauteur commune; l'on aura $2rh$, $2qh :: n, x$; ou $2r$, $2q :: n, x$.

La troisième, que les tuyaux qui ont le même diamètre, & des hauteurs différentes, doivent avoir leurs épaisseurs dans la raison de leurs hauteurs, puisque prenant $2r$ pour le diamètre commun, l'on aura $2rh$, $2rp :: n, x$, ou h , $p :: n, x$.

949. Pour appliquer la première règle à quelques exemples, nous chercherons l'épaisseur qu'il faut donner à un tuyau de plomb, qui auroit 90 pieds de hauteur, & 10 pouces de diamètre: pour cela il faut avoir recours au tuyau de plomb tiré de l'expérience (947) qui a 60 pieds de hauteur, 12 pouces de diamètre, & 6 lignes d'épaisseur; & nommant x l'épaisseur que l'on cherche, l'on aura 60 pieds \times 12 pouces, 90 pieds \times 10 pouces :: 6 lignes, x lignes, dont le quatrième terme x est de 7 lignes & $\frac{1}{2}$ pour l'épaisseur que l'on cherche.

950. Si l'on avoit une pompe refoulante de 8 pouces de diamètre dont la puissance qui seroit agir le piston, fut équivalente à une colonne d'eau de 200 pieds de hauteur, & qu'on voulût savoir l'épaisseur qu'il faut donner au corps de pompe que je suppose de cuivre; il faut avoir recours au tuyau de même métal, tiré de l'expérience, (947) qu'on sait avoir 60 pieds de hauteur, 12 pouces de diamètre & 2 lignes d'épaisseur; nommant y , le terme que l'on cherche, l'on aura 60 pieds \times 12 pouc. 200 pieds \times 8 pouces :: 2 lignes, y , qui donne 4 lignes $\frac{1}{2}$ pour l'épaisseur que l'on demande, pourvu que la colonne d'eau que soutient le piston puisse monter sans obstacle, autrement il faudroit avir égard à l'effort que fait la puissance, plutôt qu'au poids de l'eau. (901)

951. Ayant un corps de pompe de 10 pouces de diamètre & de 5 lignes d'épaisseur, voulant savoir à quelle hauteur il peut refouler l'eau; je nomme z , cette hauteur; & me servant du tuyau de

Application
de la for-
mule gé-
nérale à quel-
ques exem-
ples.

Trouver l'é-
paisseur
qu'il faut
donner à un
corps de
pompe dont
on connaît
le diamètre
& la puis-
sance qui
refoule
l'eau.

Ayant un
corps de
pompe dont
on connaît

cuivre tiré de l'expérience, comme dans l'exemple précédent; je forme cette proportion 60 pieds \times 12 pouces, $z \times 10$ pouces :: 2 lignes, 5 lignes; il viendra 60 pieds \times 12 pouces \times 5 lignes = z , $\times 10$ pouces \times 2 lignes, ou $\frac{3600}{10} = z$, qui donne 180 pieds pour la hauteur que l'on demande, en supposant que la puissance qui fera monter l'eau, sera égale au poids de la colonne.

952. Pour faciliter aux Ouvriers le moyen de trouver l'épaisseur des corps de pompe, & celle des tuyaux de plomb & de cuivre; je joins ici deux Tables très-exactes, dont la première appartient aux tuyaux de plomb, où l'on trouve l'épaisseur qu'il faut leur donner pour toutes les hauteurs depuis 10 pieds jusqu'à 400: la seconde appartient aux tuyaux de cuivre, qui auroient aussi les mêmes diamètres & mêmes hauteurs que les précédens, faisant attention que pour les corps de pompe il faut supposer leur hauteur égale à la colonne d'eau équivalente à la puissance qui fait agir le piston selon les articles 899, 900. Par exemple, si cette colonne étoit de 180 pieds de hauteur, & que le diamètre du piston fût de huit pouces, on trouvera dans la seconde Table, que l'épaisseur du corps de pompe doit être de quatre lignes.

Il est bon d'être prévenu que dans ces Tables on a supposé la ligne divisée en six points, & non pas en douze, comme on fait ordinairement, pour éviter des parties presque insensibles dont on auroit pu faire usage dans la pratique.

Comme l'on a supposé en calculant ces deux Tables, que la résistance des Tuyaux étoit à peu près en équilibre avec l'action de l'eau qui tend à les rompre, il faut, lorsqu'on en fera usage, augmenter l'épaisseur des Tuyaux & des corps de pompe d'une moitié en sus du nombre indiqué dans la Table; ainsi dans l'exemple précédent il faudroit donner au corps de pompe 6 lignes d'épaisseur au lieu de 4. Cette augmentation est d'autant plus nécessaire, que les corps de pompe ne se font jamais de Cuivre pur, mais de Potain, qui est un métal d'une moindre résistance. On en usera de même pour les Tuyaux de plomb.

Je ne parle point ici des Tuyaux de fer, qu'on employe ordinairement pour conduire l'eau au réservoir, me proposant d'en faire mention dans le quatrième Livre, au Chapitre de la conduite des eaux.

*l'épaisseur
& le dia-
mètre, trou-
ver à quelle
hauteur on
pourra re-
soudre l'eau.*

*Usage d'une
Table pour
trouver les
épaisseurs
qu'il faut
donner aux
tuyaux de
plomb & de
cuivre, se-
lon leurs
diamètres,
& leurs
hauteurs.*

TABLE contenant les Epaisseurs des Tuyaux de Plomb pour différens Diametres, jusqu'à 20 pouces, & pour des Hauteurs jusqu'à 400 pieds.
Diametre des Tuyaux en Pouces.

Plomb.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Epaisseurs des Tuyaux en Lignes & Points.											
Hauteurs des Tuyaux de Plomb en Pieds.	10	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4
	20	0 2	0 4	1 0	1 2	1 4	2 0	2 2	2 4	3 0	3 2
	30	0 3	1 0	1 3	2 0	2 3	3 0	3 3	4 0	4 3	5 0
	40	0 4	1 2	2 0	2 4	3 2	4 0	4 4	5 2	6 0	6 4
	50	0 5	1 4	2 3	3 2	4 1	5 0	5 5	6 4	7 3	8 2
	60	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0
	70	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	7 0	8 1	9 2	10 3	11 4
	80	1 2	2 4	4 0	5 2	6 4	8 0	9 2	10 4	12 0	13 2
	90	1 3	3 0	4 3	6 0	7 3	9 0	10 3	12 0	13 3	15 0
	100	1 4	3 2	5 0	6 4	8 2	10 0	11 4	13 2	15 0	16 4
	110	1 5	3 4	5 3	7 2	9 1	11 0	12 5	14 4	16 3	18 2
	120	2 0	4 0	6 0	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	20 0
	130	2 1	4 2	6 3	8 4	10 5	13 0	15 1	17 2	19 3	21 4
	140	2 2	4 4	7 0	9 2	11 4	14 0	16 2	18 4	21 0	23 2
	150	2 3	5 0	7 3	10 0	12 3	15 0	17 3	20 0	22 3	25 0
	160	2 4	5 2	8 0	10 4	13 2	16 0	18 4	21 2	24 0	26 4
	170	2 5	5 4	8 3	11 2	14 1	17 0	19 5	22 4	25 3	28 2
180	3 0	6 0	9 0	12 0	15 0	18 0	21 0	24 0	27 0	30 0	
190	3 1	6 2	9 3	12 4	15 5	19 0	22 1	25 2	28 3	31 4	
200	3 2	6 4	10 0	13 2	16 4	20 0	23 2	26 4	30 3	33 2	

SUITE de la Table pour les Tuyaux de Plomb.

Diametre des Tuyaux en Poïces.

Plomb.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
	Epaissurs des Tuyaux en Lignes & Points.										
Hauteurs des Tuyaux de Plomb en Pieds.	210	3 3	7 1	10 4	14 2	17 3	21 0	24 3	28 2	31 3	35 0
	220	3 4	7 3	11 0	15 0	18 2	22 0	25 3	29 4	33 0	36 3
	230	3 5	7 4	11 3	15 3	19 1	23 0	27 0	30 5	34 3	38 3
	240	4 0	8 0	12 0	16 0	20 0	24 0	28 1	32 0	36 0	40 0
	250	4 1	8 2	12 3	16 4	20 5	25 0	29 0	33 2	37 3	41 3
	260	4 2	8 4	13 0	17 2	21 4	26 0	30 3	34 4	39 0	43 0
	270	4 3	9 0	13 3	18 0	22 3	27 0	31 3	36 0	40 3	44 3
	280	4 4	9 2	14 0	18 4	23 2	28 0	32 3	37 3	42 0	46 0
	290	5 0	9 4	14 3	19 3	24 1	29 0	34 0	38 4	43 3	47 3
	300	5 1	10 0	15 0	20 0	25 0	30 0	35 1	40 0	45 0	49 3
	310	5 2	10 2	15 3	20 3	26 0	31 0	36 2	41 3	46 3	51 0
	320	5 3	10 4	16 0	21 2	27 0	32 0	37 3	42 4	48 0	52 3
	330	5 4	12 0	16 3	22 0	28 0	33 0	38 4	44 0	49 3	54 0
	340	5 5	12 2	17 0	22 5	29 0	34 0	39 5	45 4	51 0	55 3
	350	6 0	11 4	17 3	23 3	30 0	35 0	41 0	46 5	52 3	57 0
	360	6 1	12 0	18 0	24 2	30 5	36 0	42 0	48 0	54 0	59 3
370	6 2	12 2	18 3	25 0	31 4	37 0	43 1	49 3	55 3	61 3	
380	6 3	12 4	19 0	25 4	32 3	38 0	44 3	50 4	57 0	63 0	
390	6 4	13 0	19 3	26 3	33 1	39 0	45 3	52 0	58 3	64 3	
400	6 5	13 2	20 0	27 0	34 0	40 0	46 3	53 3	60 0	66 0	

SECONDE TABLE Contenant les Epaisseurs des Tuyaux de Cuivre pour différents Diamètres, jusqu'à 20 pouces, & pour les Hauteurs jusqu'à 400 pieds.

Diamètre des Tuyaux en Pouces.

Cuivre.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Epaisseurs des Tuyaux en Lignes & Points.										
Hauteurs des Tuyaux de Cuivre en Pieds.	10	0 1	0 0 1	0 1	0 1	0 2	0 2	0 2	0 3	0 3
	20	0 1	0 1	0 2	0 3	0 3	0 4	0 5	0 5	1 0
	30	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	1 0	1 1	1 2	1 3
	40	0 1	0 3	0 4	0 5	1 1	1 2	1 3	1 5	2 0
	50	0 2	0 3	0 5	1 1	1 2	1 4	2 0	2 1	2 3
	60	0 2	0 4	1 0	1 2	1 4	2 0	2 2	2 4	3 0
	70	0 2	0 5	1 1	1 3	2 0	2 2	2 4	3 1	3 3
	80	0 3	0 5	1 2	1 5	2 1	2 4	3 1	3 3	4 0
	90	0 3	1 0	1 3	2 0	2 3	3 0	3 3	4 0	4 3
	100	0 3	1 0	1 4	2 1	2 5	3 2	3 5	4 3	5 0
	110	0 4	1 1	1 5	2 3	3 0	3 4	4 2	4 5	5 3
	120	0 4	1 2	2 0	2 4	3 2	4 0	4 4	5 2	6 0
	130	0 4	1 3	2 1	2 5	3 4	4 2	5 0	5 5	6 3
	140	0 5	1 3	2 2	3 1	4 0	4 4	5 3	6 1	7 0
	150	0 5	1 4	2 3	3 2	4 1	5 0	5 5	6 4	7 3
	160	1 5	1 5	2 4	3 3	4 3	5 2	6 1	7 1	8 0
	170	1 0	1 5	2 5	3 5	4 4	5 4	6 4	7 3	8 3
	180	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0
	190	1 0	2 1	3 1	4 1	5 2	6 2	7 2	8 3	9 3
	200	1 1	2 1	3 2	4 3	5 3	6 4	7 5	8 5	10 0

SUITE

SUITE de la Table pour les Tuyaux de Cuivre.

Diametre des Tuyaux en Pouces.

Cuivre.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Epaisseurs des Tuyaux en Lignes & Points.									
210	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	7 0	8 1	9 2	10 3	11 4
220	1 1	2 3	3 4	4 6	6 1	7 2	8 3	9 5	11 0	12 1
230	1 2	2 3	3 5	5 1	6 2	7 4	9 0	10 1	11 3	12 5
240	1 2	2 4	4 0	5 2	6 4	8 0	9 2	10 4	12 0	13 2
250	1 2	2 5	4 1	5 3	7 0	8 2	9 4	11 1	12 3	13 5
260	1 3	2 5	4 2	5 4	7 1	8 4	10 1	11 3	13 0	14 2
270	1 3	3 0	4 3	6 0	7 3	9 0	10 3	12 0	13 3	14 5
280	1 3	3 1	4 4	6 1	7 5	9 2	10 5	12 3	14 0	15 2
290	1 4	3 1	4 5	6 3	8 0	9 4	11 2	12 5	14 3	16 0
300	1 4	3 2	5 0	6 4	8 2	10 0	11 4	13 2	15 0	16 3
310	1 4	3 3	5 1	6 5	8 4	10 2	12 0	13 5	15 3	17 0
320	1 5	3 3	5 2	7 1	8 5	10 4	12 3	14 1	16 0	17 3
330	1 5	3 4	5 3	7 2	9 1	11 0	12 5	14 4	16 3	18 1
340	1 5	3 5	5 4	7 3	9 3	11 2	13 1	15 1	17 0	18 4
350	2 0	3 5	5 5	7 5	9 4	11 4	13 4	15 3	17 3	19 2
360	2 0	4 0	6 0	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	19 5
370	2 0	4 1	6 1	8 1	10 2	12 2	14 2	16 3	18 3	20 2
380	2 1	4 1	6 2	8 3	10 3	12 4	14 5	16 5	19 0	21 0
390	2 1	4 2	6 3	8 4	10 5	13 0	15 1	17 2	19 3	21 3
400	2 1	4 3	6 4	8 5	11 1	13 2	15 3	17 5	20 0	22 0

Table II.

P

Sur les Pistons.

Les pistons dont on se sert communément peuvent se réduire à deux espèces, qui sont les pistons percés & les pistons pleins : les uns & les autres se font ordinairement de bois ; & comme on en a donné la description dans les articles 866, 870, je n'en ferai mention présentement que pour en examiner les défauts ; afin d'y remédier par une construction plus parfaite.

La grande difficulté des pistons percés dépend de la quantité d'eau qui doit y passer dans un tems déterminé & du poids dont le piston est chargé.

953. Le principal inconvénient des pistons de bois qu'on est obligé de percer, vient du trou qui affoiblit considérablement le barillet, sur tout quand il faut faire ce trou un peu grand, afin que l'eau qui doit y passer, quand le piston descend, puisse monter sans contrainte, autrement il trouveroit une grande résistance s'il avoit 6 pieds de jeu, & qu'il fut obligé de parcourir cet espace en deux secondes de tems, comme à la machine de Fréne, proche Condé, rien ne devant être forcé dans les machines, autrement l'on employe sans le sçavoir une partie de l'action du moteur à la destruction de la machine même. (903) Pour ne pas tomber dans ce cas, il faut avoir pour maxime, que lorsqu'un piston percé descend, son propre poids doit suffire pour contraindre l'eau qui est dans le fond du corps de pompe, à passer naturellement au travers du trou, dans le tems qu'il met à descendre. Or comme ce tems est déterminé par la vitesse que doit avoir la machine, relativement à celle du moteur, l'on voit que cela dépend de la quantité d'eau que le piston aspire à chaque relevée, & de la grandeur du passage qu'elle doit traverser.

PLAN. 3.
FIG. 8.

Pour mieux expliquer ma pensée, supposons que l'on a un corps de pompe AB de 8 pouces de diamètre intérieurement, que le jeu du piston est de 6 pieds, & qu'il parcourt cet espace en deux secondes ; il aspirera à chaque relevée environ 74 pintes d'eau, qui devant passer par le trou Z, dans le tems qu'il emploiera à descendre ; on demande quel est le poids dont il faudroit qu'il fut chargé afin de refouler l'eau, de façon qu'elle passe en deux secondes au travers du trou Z, qu'on suppose de trois pouces de diamètre, qui est le plus qu'on puisse lui donner, eu égard à celui du corps de pompe pour ne pas trop affoiblir le barillet. Car l'on sent bien que la quantité d'eau qui passera à travers le piston dans un tems déterminé, doit dépendre de la grandeur du trou, & de la vitesse que lui donnera le poids dont il sera chargé ; (901) c'est pourquoi ce Problème se réduit à sçavoir quelle hauteur

d'eau il faudroit donner à un reservoir percé par le fond d'un trou de trois pouces de diametre , pour qu'il en sorte 74 pintes ou 148 lb en deux secondes. (467)

954. Si le piston avec son équipage pesoit moins que la colonne dont il s'agit, il faudroit pour ne rien forcer agrandir le trou Z pour suppléer à la vitesse que l'eau aura de moins, n'étant point refoulée par un poids convenable; pour cela il faut que les superficies des deux trou, & les vitesses de l'eau qui doit y passer composent quatre termes reciproquement proportionnels; mais comme les poids dont nous parlons, peuvent être exprimés par des colonnes d'eau, qui ont pour base le cercle du piston, & que les racines quarrées des hauteurs de ces colonnes expriment les vitesses de l'eau, l'on pourra en leur place prendre les racines quarrées des poids, dont le piston seroit chargé, sans se mettre en peine de leurs natures.

Les deux regles précédentes pouvant avoir leur application dans la construction des pistons, afin de les percer relativement au diametre du corps de pompe, au poids du piston, à son jeu & à sa vitesse, j'ai été bien aise que l'occasion les ait fait naître, pour montrer que rien n'est indifférent quand il est question de bien proportionner les parties d'une pompe. Au reste, l'on peut conclure de tout ceci que les pistons de bois ne sont pas aussi commodes qu'on se l'étoit imaginé, puisqu'on ne peut les percer par un trou d'une grandeur raisonnable, sans risquer de les rendre trop foibles & sujets à des continuelles réparations; c'est pourquoi je vais en décrire un autre beaucoup plus solide.

955. Le piston dont je parle est développé par les figures 14, 17, 18, 19, 20, 21 & 22; la quatorzième représente une boete de cuivre, à peu près semblable à celles qu'on met dans les moieux des roues, & forme le corps du piston qui a la figure d'un cône tronqué avec un petit rebord CC; la figure dix-huitième en fait voir le profil, & la dix-neuvième le plan supérieur où l'on remarquera que cette boete est traversée d'une barre DD, percée d'une mortoise E: sur la surface de la boete est appliquée une bande de cuir AA (Fig. 18, 20) embrassée par le bas d'un cercle de fer, que l'on encastre dans l'épaisseur du cuir qui a près de trois lignes, ce qui se distingue encore mieux dans la vingtième Figure.

956. Le piston est couvert d'une soupape de cuir, fortifiée par des plaques de tôle ou de cuivre GG, faites en segment de cercle, comme le montre la vingt-deuxième figure; au-dessus de la soupape il y a aussi de semblables plaques, mais d'un plus petit

Déterminer la grandeur du trou d'un piston, connaissant le poids dont il est chargé, & la quantité d'eau qui doit y passer dans un tems déterminé.

PLAN. 4.

Description d'un piston percé, plus solide & plus parfait qu'on ne les ordinairement.

Détail de la soupape dans ce piston est couverte.

diamètre, afin qu'elles entrent dans le corps du piston, comme le marque la circonférence ponctuée IK, n'y ayant que le cuir & les plaques supérieures qui reposent sur le bord de la boîte, ainsi le cuir se trouve serré entre-deux, à l'aide des quatre vis H, accompagnées de leurs écroues.

Cette soupape s'applique sur la boîte, en sorte que le milieu FF soit posé sur la barre DD, (fig. 19.) & pour lier le tout ensemble, l'on se sert d'une croix de fer LMNOP, représentée par la vingt-unième figure, qui est un profil coupé sur la longueur de la barre DD; la partie MN se pose sur le milieu FF de la soupape, alors le tenon OP traverse le trou E, & enfile une barre de fer QR, dont les extrémités XX s'encastrent moitié par moitié dans l'intérieur de la boîte & dans son épaisseur qui est échancrée en cet endroit, de même que le cercle BB qui se trouve soutenu par ce moyen, & serré contre la boîte, en faisant entrer une clavette V dans le trou T, comme on en peut juger par la figure 17, qui est encore un profil du piston coupé à angle droit avec le précédent.

Quant à la tige LO, on l'ajuste avec une barre de fer à l'aide d'un tenon qui est à son sommet & de la mortoise qui paroît dans le milieu, & des deux viroles servant à les serrer l'une contre l'autre; cette barre est pendue à une manivelle ou à l'extrémité d'un balancier.

Les dimensions des parties de ce piston pouvant être mesurées avec l'échelle qui lui appartient, je ne m'y arrêterai pas, il me suffira de dire qu'on l'a exécuté ainsi aux pompes de la machine de Frêne, l'ayant dessiné moi-même sur les lieux, & qu'on l'a préféré à tous les autres dont on a fait l'essai : en effet, il est d'une solidité à toute épreuve, & l'eau pouvant le traverser sans contrainte, quelque vitesse qu'il puisse avoir en descendant, je doute qu'on puisse rien imaginer de mieux.

Les pistons pleins, tels qu'on les emploie communément aux pompes refoulantes, ne laissent pas que d'avoir leur mérite; mais étant faits de bois ils durent peu, & sont sujets à ne pas si bien joindre de toute part contre le corps de pompe, qu'il ne passe de l'eau quand la colonne qu'il refoule est fort élevée, le cuir ne pouvant résister au grand effort que l'eau fait pour s'échapper; car comme il est moralement impossible qu'on puisse aller si parfaitement un tuyau, qu'il ne reste des inégalités imperceptibles, le cuir s'use plus d'un côté que d'un autre, & fournit des fassages à l'air ou à l'eau. Pour remédier à ces défauts, voici un

piston beaucoup plus solide, & qui peut passer pour le plus parfait de tous ceux qui ont été mis en usage jusqu'à présent, comme on en va juger par l'explication des figures 15 & 16.

957. Le corps de ce piston est composé de deux cylindres de cuivre ABCD, EFGH, d'une vis NO, & d'un anneau Z, le tout fondu ensemble; le diametre CD est d'une ligne ou d'une ligne & demie plus petit que celui du corps de pompe QRST, & le diametre EF n'est que moitié du précédent; quant à l'épaisseur AC, il suffira de lui donner le quart du diametre AB, & de faire EG environ double de EF.

*Description
d'un piston
plein, d'un
fort bon
usage.*

PLAN. 4.
FIG. 15.
& 16.

L'on a un nombre de rondelles de cuir dont le diametre doit être un tant soit peu plus grand que celui du corps de pompe, & après les avoir percées d'un trou dans le milieu d'un diametre égal à GH, on les enfle sur le cylindre EFGH, qui leur sert de noyau; & après les avoir bien battues à coups de marteau, pour les presser les unes contre les autres sur toute la hauteur EG, on en ajoute quelques-unes de plus, que l'on soutient par une plaque de cuivre IK, qui doit avoir pour épaisseur la moitié de AC, & qui étant aussi percée dans le milieu, s'ajuste sur la partie LM, après quoi on presse le tout par le moyen de l'écroue VX que l'on fait tourner à force; cela fait, l'on pose le piston sur le Tour pour réduire les rondelles à n'avoir plus que le même diametre de la tête du piston; ainsi le tout forme un cylindre IABK, dont la surface est uniforme.

Ce piston ainsi disposé, on l'introduit sans difficulté jusqu'au fond du corps de pompe, après quoi l'on verse de l'eau dessus; alors le cuir s'enfle, & toutes les rondelles s'unissent contre le corps de pompe, & forment ensemble un nouveau cylindre Y, dont le diametre est égal à celui du corps de pompe, & ne laissent aucune entrée à l'air dans le tems de l'aspiration, ni de passage à l'eau quand elle est refoulée; il arrive même qu'à mesure que la surface du cylindre Y vient à s'user par le frottement, le cuir s'étend en dehors pour se renfler tout de nouveau, parce qu'il s'en faut bien qu'il ait atteint au commencement le terme de dilatation dont il est capable, sur-tout si l'on emploie du cuir de *Liege*, qui est le meilleur que l'on puisse mettre en œuvre; ainsi l'adhésion est continuelle.

J'ajouterai que l'anneau Z, sert à accrocher la tige P, de maniere qu'elle puisse y jouer sans contrainte, afin que le piston en montant & descendant n'ait rien qui tende à le déterminer d'un côté plutôt que de l'autre; car comme on n'est pas toujours le

maître de faire agir la tige perpendiculairement, sur-tout quand elle est suspendue à une manivelle, il faut éviter qu'elle ne soit forcée dans son mouvement; c'est pourquoi il vaut mieux dans les pompes resoulantes qu'elle soit accrochée au piston, que d'y être fixe.

*Description
d'un nou-
veau piston
qui a une
propriété
singulière.*

958. Quoique le piston précédent soit des meilleurs, il faut pourtant convenir qu'après un certain tems, lorsque le cuir sera dilaté successivement pour remplacer le déchet causé par le frottement, l'adhésion ne sera pas assez grande, pour ne pas céder tant soit peu à l'effort de l'eau qui sera resoulée, si la colonne est fort élevée; car la résistance qu'elle causera par son poids sera toujours la même, au lieu que l'adhésion du piston ira continuellement en diminuant; ainsi pour rendre les choses égales, il faudroit qu'il y eut une cause qui proportionnât son adhésion, à l'effort qu'il est obligé de faire en resoulant, & alors un tel piston auroit toute la perfection qu'on peut demander; cette pensée m'ayant occupé pendant quelques jours, j'ai apperçu plusieurs moyens de faire ce que je dis, & voici celui qui m'a paru le plus naturel & le plus commode dans l'exécution.

PLAN. 4.
FIG. 1.

Il faut s'imaginer un cylindre de cuivre *g h*, creux & percé d'un nombre de trous; ce cylindre doit être couvert par en haut d'un plateau *AB* de même matière, l'un & l'autre fondus ensemble, aussi-bien que le rebord *IK*, servant de bride pour attacher le cylindre à un second plateau *c d*, semblable au premier, avec cette différence seulement, qu'il doit être percé dans le milieu d'un trou d'un diamètre égal à celui de l'intérieur du cylindre: là, il doit y avoir une soupape à coquille, en sorte que la languette soit prise entre la bride *IK* & le plateau, le tout estreint ensemble par des vis & écrous. Sur le pourtour de chaque plateau, on pratiquera une gorge circulaire, dont les bords doivent être arrondis pour recevoir les ourlets d'une bourse de cuir, de figure cylindrique à laquelle les plateaux serviront de fond; & pour les unir ensemble, on se servira de gros filets poissés, auxquels on fera faire un grand nombre de tours pour serrer fortement le cuir, en sorte que le tout forme un tambour représenté par la neuvième figure, qui ne doit avoir d'autre ouverture que celle du fond, lorsque la soupape dont la queue paroît à l'endroit *K* de la même figure est levée: on attachera le piston à une tige *H*, ayant trois ou quatre branches *IG*, pour l'unir au plateau *AB* par le moyen des vis & écrous.

On commencera par verser de l'eau dans le corps de pompe,

tant qu'il y en ait à peu près jusques aux trois quarts de sa hauteur ; ensuite on introduira le piston qui entrera d'abord sans difficulté , mais lorsqu'il viendra à descendre plus bas , l'air qui se trouvera renfermé au-dessous , étant comprimé , levera la soupape , passera dans le cylindre *gh* , de-là dans le tambour , lequel continuant à descendre , une partie de l'eau y passera aussi , jusqu'à ce que le piston soit parvenu à l'entrée du trou NO , c'est-à-dire dans la situation où on le voit présentement ; alors l'air étranger & l'eau ayant enflé le tambour plus qu'il n'étoit auparavant , le cuir commencera à s'unir au corps de pompe , foiblement à la vérité , mais assez pour empêcher l'introduction de l'air extérieur quand on levera le piston , parce que la soupape se refermera sur le champ.

Fig. 1.

§59. A mesure que le piston en montant & en descendant agira comme à l'ordinaire pour expulser l'air du tuyau d'aspiration , l'eau montera & parviendra enfin dans le corps de pompe : lorsqu'elle y sera arrivée ; le piston en voulant la refouler , en recevra lui-même une partie qui contraindra l'air à se réduire à chaque coup dans un moindre volume , & l'action du piston devenant toujours plus forte , à mesure que l'eau se trouvera élevée à une plus grande hauteur dans le tuyau montant , l'air du tambour acquerra aussi de son côté une plus grande force , par conséquent pressera de plus en plus le cuir contre la pompe ; carce que je dis de l'air doit aussi s'entendre de l'eau avec laquelle il est renfermé : enfin , lorsque le tuyau montant sera plein , la force du ressort de l'air se trouvera en équilibre avec le poids de la colonne d'eau , à quelque hauteur qu'elle puisse être , & soit que le piston aspire ou refoule , son adhésion sera toujours la même ; & quand le corps de pompe ne seroit pas parfaitement cylindrique , ce défaut qui seroit fort grand dans tout autre cas , sera indifférent dans celui-ci ; puisque la surface du piston étant flexible , s'assujettira à la figure de celle qui lui est adhérente.

Effet du jeu de ce piston.

Malgré tous les soins qu'on peut se donner pour la perfection d'une machine , on n'oseroit se promettre de la rendre entièrement exempte de défaut , & c'est beaucoup faire quand on parvient à ne lui en laisser que le moins qu'il est possible ; il arrive même assez souvent qu'en voulant éviter une imperfection , on en fait naître d'autres qui ne sont pas moins préjudiciables , & que tout bien considéré , il vaut encore mieux s'en tenir au premier projet. le piston que nous venons de décrire ne peut point perdre d'eau , sa surface étant parfaitement unie à celle du corps de pompe ;

mais comme de cette adhésion il en résulte un plus grand frottement, le cuir ne peut durer long-tems; c'est pourquoi il convient pour ne pas le renouveler si souvent, d'en mettre plusieurs l'un sur l'autre, afin de fortifier la bourse qui n'en sera pas moins flexible à se dérober en partie aux inégalités que le corps de pompe pourroit lui opposer; car le frottement dont il s'agit ici est bien différent de celui qui est occasionné par la rencontre des surfaces des corps durs; il faudroit donc, pour qu'un piston ne laissât rien à désirer, qu'il eut la propriété du précédent, mais qu'il fut exempt de frottement; ce qui n'est pas impossible, il faut seulement prendre garde de ne pas acheter cet avantage trop cher, en tombant dans quelque inconvénient qui en diminueroit le prix.

*Description
d'un piston
sans frotte-
ment, nou-
vellement
imaginé.*

960. Messieurs Gossiet & de la Deville en travaillant à la composition d'une machine Hydraulique extrêmement ingénieuse, & dont je donnerai la description par la suite, ont imaginé un piston entièrement exempt de frottement, & qui peut s'employer indépendamment de la machine, dont il est une partie essentielle, comme ils l'ont fait au Jardin du Roi à Paris, à une pompe qui élève de l'eau pour arroser les plantes du même Jardin.

Le piston dont il s'agit peut se faire aussi grand qu'on veut, & avoir jusqu'à 36 pouces de diamètre, mais je n'en donnerai que 15 à celui que je vais décrire, cette grandeur me paroissant plus raisonnable pour les raisons qu'on verra par la suite : comme il doit agir dans un corps de pompe qui n'a rien de commun avec ceux dont j'ai parlé jusques ici, je commencerai par faire voir en quoi il consiste. Il est composé de deux plateaux de bois de chesne ou d'orme, ayant 28 pouces de diamètre sur 5 d'épaisseur; au milieu de chacun l'on creuse un vuide cylindrique de 15 pouces de diamètre sur deux & demi de profondeur, ce qui forme deux boîtes, que l'on applique l'une sur l'autre dans un sens opposé; leur profil pris diamétralement est représenté par chacun des rectangles ABCD, & EFHG.

PLAN. 4.
FIG. 2.

Le piston est composé d'une planchette circulaire YZ, d'un pouce d'épaisseur dont le diamètre doit être un peu moindre que celui du vuide TOQV pour en faciliter le jeu : cette planchette s'applique sur un grand cercle de cuir, ou sur plusieurs quand un seul n'est pas assez fort, en sorte qu'il déborde tout autour de 6 ou 7 pouces; ensuite on loge la planchette YZ dans le fond de la boîte STVX, & l'on replie l'excédent tout autour du bord ESXG de la même boîte; après quoi l'on applique celui de l'autre boîte ABCD sur le précédent, & le cuir se trouve serré entre deux,

deux, afin qu'il le soit plus fortement, & que les deux boetes n'en fassent qu'une; on les estreint ensemble par le moyen de plusieurs boulons de fer 17, 18, dont les extrémités sont taillées en vis, pour s'ajuster dans des écroues; ainsi le piston compose une espece de bourse 3, 4, 5, 6, qui se retourne toutes les fois que le fond YZ est attiré vers le Ciel, c'est-à-dire que ce qui étoit interieur devient extérieur.

PLAN. 4.

FIG. 2.

Au fond de cette bourse est un trou L, couvert d'une soupape K qui vient s'appuyer, quand elle est levée contre l'anse MWM, à laquelle est attachée la tige N, servant à faire monter & descendre le piston; pour cela il y a un autre trou 9, 10 dans le fond de la boete supérieure, qui répond au tuyau montant 13, 14, dans lequel passe la tige N; ce trou est évasé pour que le plateau puisse venir s'appliquer contre le ciel OQ quand le piston monte. Dans le fond inférieur de la boete, il y a un autre trou 19, 20 qui répond au tuyau d'aspiration 15, 16, qui trempe dans l'eau qu'on veut élever; ce trou est couvert d'une soupape I, comme à l'ordinaire.

Quand le piston vient à monter, l'eau qu'on suppose dans le tuyau d'aspiration ouvre la soupape I, & passe dans le vuide qui se forme sur la hauteur de 4 pouces, qui est le jeu que le piston doit seulement avoir, pour ne pas trop affaiblir le cuir qui ne se soutiendrait pas long-tems, s'il avoit beaucoup de portée, au lieu que n'ayant tout au plus que 2 pouces & $\frac{1}{2}$ de 5 en X, il ne fatigue gueres: quand le piston baisse, la soupape I se referme, l'autre K s'ouvre, & l'eau qui est renfermée entre le fond TV, & le cuir 3, 4, 5, 6, passe par le trou L, vient se rendre dans l'espace OP YZQ, & de-là est refoulée dans le tuyau montant; ainsi l'on voit que le piston flottant toujours entre deux eaux, n'a nul frottement; j'ajouterai que lorsqu'il est fait de bon cuir, il peut travailler continuellement pendant trois ou quatre mois, sans qu'on soit obligé d'y toucher, comme l'expérience l'a fait voir aux pompes que Messieurs Goffet & de la Deuille ont fait exécuter pour épuiser les eaux des Mines de Bretagne.

- Le seul défaut qu'on puisse trouver dans ce piston, est que de quelque grosseur que soit le tuyau montant 13, 14, la puissance est toujours chargée du poids d'une colonne d'eau, qui auroit pour base le cercle OQ, & pour hauteur l'élevation du réservoir au-dessus de la source: il est vrai qu'on peut augmenter le diamètre de ce tuyau, & diminuer celui du piston, afin qu'étant égaux,

la puissance ne soit chargée que du poids qu'elle doit naturellement élever.

On trouvera peut-être que ce piston ayant si peu de jeu, ne donnera pas beaucoup d'eau à chaque relevée; mais ce n'est pas là un défaut, puisque les levées pourront être plus fréquentes; ainsi ce que l'on perdra d'un côté, pourra être réparé de l'autre, & le produit sera toujours le même que si le jeu étoit plus grand.

Comme il faut que la tige du piston passe dans le tuyau montant, on ne peut élever l'eau avec cette pompe à une hauteur considérable; cependant la tige de la pompe qui est exécutée au Jardin du Roi, a au moins 25 pieds, & si l'on en donne autant au tuyau d'aspiration, on pourra toujours élever l'eau jusqu'à 50 pieds au-dessus de la source, d'une manière fort simple & avec très-peu de dépense; puisqu'en se servant de tuyaux de bois, on pourra faire exécuter une pompe dans ce goût là, pour moins de dix pistoles, dans un grand nombre d'occasions où elle peut devenir aussi utile, que le seroit une machine construite à grands frais.

Sur les Soupapes.

Les différentes soupapes que l'on a mis en usage jusques ici, se réduisent à quatre especes; la *soupape à coquille*, la *soupape conique*, la *soupape spherique*, & la *soupape à clapet*; les trois premières se font de cuivre, en voici la description & les propriétés.

PLAN. 4.
FIG. 1.

961. Si l'on considère la première figure de la Planche 4, l'on y verra une soupape à coquille E, placée au fond d'un corps de pompe; la languette AA, accompagnée de deux rondelles de cuir, est restrainte avec les brides du corps de pompe, & celles d'un espece de culot IK; à ce culot est enté par un nœud de soudure, le tuyau d'aspiration LM fait de plomb: je crois n'avoir pas besoin de dire que la soupape E est logée dans sa coquille BC, & que la partie GH représente le support de l'anneau dans lequel joue la tige F.

FIG. 8.

La figure huitième représente encore la même soupape vüe de profil, afin d'en mieux découvrir les défauts qui sont plus essentiels qu'on ne pense, puisque si l'on y avoit bien fait attention, cette soupape ne seroit peut-être pas devenue d'un usage aussi commun. Pour en bien juger, il suffira de considérer que la superficie de son grand cercle RL diminue le passage de l'eau de toute la ca-

D'entre
des soupapes
à coquille.

pacité dont il occupe la place , puisqu'elle ne peut s'échapper que par l'espace en forme de couronne qui regne entre la circonférence du cercle RL & la surface du tuyau montant , ce qui est directement contraire aux articles 897, 899, où l'on a démontré qu'il falloit que l'eau qu'un piston refoule , trouve par tout un passage libre & d'une capacité égale au cercle du corps de pompe , afin qu'elle ne soit pas forcée à passer dans un endroit avec plus de vitesse que dans l'autre , parce qu'autrement la puissance qui donne le mouvement au piston , seroit obligée à un effort beaucoup plus grand que si l'eau n'étoit pas étranglée.

962. Il semble que pour donner plus de facilité à l'eau de monter , l'on n'a qu'à diminuer le cercle RL , mais cela ne se peut faire que l'on ne diminue aussi l'autre cercle ND , ou son égal MI , par conséquent sans retrecir le passage de l'eau au travers de la coquille BC ; ainsi l'on tombe toujours dans le même inconvenient , tout ce que l'on peut faire de mieux , c'est de regler de telle sorte les diametres RL & MI , que l'eau en traversant la coquille , & en passant autour de la soupape soit la moins contrainte qu'il est possible. Pour cela il faut que la superficie du cercle MI soit égale à la couronne qui fait la différence des superficies des cercles RL & MI : or comme cette soupape peut avoir son utilité dans certain cas , nous allons déterminer la grandeur de son diametre , eu égard à celui du corps de pompe ou du tuyau montant , pour rendre égaux les deux passages dont on vient de parler ; mais avant que d'en venir là , l'on sçaura que je nomme *repos* , le talud OI de la coquille , sur lequel appuie la surface extérieure de la soupape.

Nommant a , le rayon du tuyau montant ; b , la largeur du repos ; x , le rayon du cercle MI ou ND ; l'on aura $x + b$, pour le rayon du grand cercle de la soupape. Or si l'on prend les quarrés des rayons pour exprimer les superficies de leur cercle , xx tiendra lieu de la couronne dont il s'agit , puisqu'elle doit être égale au cercle MI ; & comme les cercles RL & MI pris ensemble valent le cercle QG , l'on formera cette équation $2xx + 2bx + bb = aa$, de laquelle dégageant l'inconnue , il vient $x = \frac{\sqrt{aa} - \frac{bb}{4}}{2}$: or si

l'on suppose b , d'un pouce ; & a , de 5 ; l'on y trouvera en faisant le calcul que x , ou le rayon du petit cercle de la soupape , vaut trois pouces , auxquels ajoutant la largeur du repos , on aura 4 pouces pour le rayon de son grand cercle ; & comme celui du corps de pompe en vaut cinq , les rayons de ces trois cercles seront dans

Q ij

PLAN. 4.
FIG. 8.

Regles pour
trouver la
proportion
qu'il doit y
avoir entre
le diametre
de cette sou-
pape , &
celui du
corps de
pompe.

le rapport des nombres 3, 4, 5, ce qui est bien évident; car si le cercle ND ou MI est exprimé par le carré de son rayon qui est 9, le passage de l'eau autour de la soupape sera aussi exprimé par le même nombre, & la couronne qui exprime le talud du repos, pourra l'être par la différence du carré de 3 à celui de 4, c'est-à-dire par celle de 9 à 16, qui est 7, qui étant ajoutée avec le double de 9, doit égaler le carré de 5; aussi a-t-on $18 + 7 = 25$.

PLAN. 4. L'on voit que de quelque grosseur que soit le corps de pompe, ou le tuyau montant, il faut pour y proportionner la soupape, diviser le rayon du corps de pompe en cinq parties égales, en prendre 3 pour le rayon du petit cercle ND ou MI, 4 pour celui du grand cercle RL de la soupape.

FIG. 8.

Ayant recherché la hauteur qui pouvoit le mieux convenir à la surface convexe de la soupape; il m'a paru qu'il falloit donner au côté DL le quart du diamètre RL de son grand cercle, & la huitième partie à la largeur du repos; alors l'angle GDH sera de 60 degrés, parce que le profil de la soupape formera un trapeze, tiré d'un triangle équilatéral, qui auroit pour base le diamètre RL.

Remarquez que l'eau refoulée du corps de pompe dans le tuyau montant, sera extrêmement contrainte en traversant un passage plus étroit que celui qui convient naturellement, qu'elle rencontrera en chemin le dessous du pourtour de la coquille & le cercle ND, ce qui la fera rejaillir, & repousser celle de dessous, & que ce ne sera qu'avec une force extraordinaire qu'on la fera monter, d'autant plus qu'elle sera poussée selon les directions PG & IK, obliques à la surface GK du tuyau: ayant fait le calcul de la puissance qu'il falloit au-dessus de l'équilibre, j'ai trouvé qu'elle devoit être au moins 12 fois plus grande que si l'eau montoit par tout d'une vitesse uniforme. Je ne rapporte point le détail de ce calcul, il suffit de conclure que si l'on a égard à toutes les raisons que je viens de rapporter; cette soupape ne convient nullement dans les pompes refoulantes placées au bas du tuyau montant, comme aux figures 14 & 17 de la planche deuxième. Cependant on peut s'en servir dans le fond d'un corps de pompe, ainsi qu'elle se trouve dans la première figure de la planche quatrième; car si la plus grande hauteur du piston n'est pas au-dessus de 27 ou 28 pieds, il restera assez de force au poids de l'atmosphère pour faire monter l'eau dans le corps de pompe, avec une vitesse beaucoup plus grande que celle que pourra avoir le piston, parce que l'eau aura toujours un passage plus grand que celui qu'on pourroit déterminer en suivant l'article 909.

Cette soupape a encore un inconvénient, qui est de s'unir quelque fois si intimement à sa coquille, qu'elle cesse de jouer. M. de Fontenelle en rapporte un exemple dans l'Histoire de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1703. Voici un extrait de ce qu'il dit à ce sujet.

M. Amontons, ayant construit une pompe refoulante enfoncée de 6 pieds dans l'eau, fut étonné de voir que les soupapes qui étoient de fonte, parfaitement bien faites & bien dressées sur leurs coquilles, s'arrêtoient tout-à-coup; il fit démonter la pompe plusieurs fois pour voir ce qui en pouvoit être la cause, mais il n'aperçut rien de sensible.

Si ces soupapes qui étoient posées horizontalement dans le corps de pompe, comme sont par exemple celles de la dix-septième figure de la planche deuxième, avoient été pressées de haut en bas par le poids de l'atmosphère, on auroit pu croire qu'elles s'étoient trouvées dans le cas de deux surfaces bien polies & mouillées, appliquées l'une contre l'autre, qui ne peuvent être séparées que par l'action d'un grand poids, mais il n'y avoit point d'air entre les soupapes & le piston, dont elles pussent être pressées de haut en bas, au contraire elles étoient poussées de bas en haut par l'eau que refouloient les pistons.

Il ne reste donc qu'une seule cause à quoi on puisse attribuer la force de l'union des soupapes & de leurs coquilles, qui consiste dans l'eau qui les mouille; il faut que les parties d'eau qui sont entrées dans les pores de l'un de ces corps, s'accrochent si puissamment à l'autre, qu'il n'y en ait aucune qui ne tienne par les deux extrémités aux deux corps, & qu'elles s'accrochent d'autant plus puissamment que les deux surfaces sont plus polies, pour en exclure plus parfaitement l'air qui pourroit se trouver entre-deux, & qu'ainsi c'est la multitude des particules d'eau, qui contribue à la grandeur de l'effet, par la difficulté de les détacher ou de les étendre, par conséquent d'ouvrir les soupapes.

Il est certain que pour détacher du cuivre les parties d'eau qui le mouillent, il faut un effort assez considérable, & que ce n'est gueres que par l'évaporation ou par un frottement violent & à plusieurs reprises qu'on en vient entièrement à bout; quant à ce qui est d'étendre des parties d'eau, ni M. Amontons, ni tous les autres qui en ont voulu faire l'expérience, n'ont pu s'assurer que l'eau fut capable d'extension; ainsi l'on peut croire que tout se réduit à la difficulté de détacher les parties d'eau; il est plus que:

Les soupapes à coquille, lorsqu'elles sont bien faites, ont le défaut de s'arrêter quelquefois, quand les pompes jouent.

Cette cause à laquelle on peut attribuer l'adhésion des soupapes à la coquille.

vrai-semblable qu'elles ne s'accrochent pas avec la même force à toute sorte de corps.

Preuve pour montrer la nécessité de faire le trou des soupapes refoulées aussi grand que le cercle des pistons.

963. Quoique j'aye assez fait sentir dans les art. 903, 904, 905, l'importance de ne jamais contraindre l'eau refoulée, à passer par des endroits plus petits que la superficie du cercle du piston ; je ne laisserai pas que de déduire ici des mêmes articles, deux regles générales qui s'appliquent naturellement aux soupapes à coquille.

Quand le trou par où doit passer l'eau refoulée, se trouve plus petit que le cercle du piston, & que ce trou ne forme point un cercle parfait, mais une couronne ; la superficie de cette couronne, ou de toute autre figure, & celle du cercle du piston, peuvent être regardées comme les secondes puissances des diametres (902), par conséquent les quarrés des mêmes superficies comme les quatrièmes puissances, qui expriment le rapport des forces respectives du courant (905) appliquées au piston (903). Ainsi lorsqu'on aura deux pompes de même calibre, destinées à refouler à la même hauteur, une égale quantité d'eau ; que dans la premiere, l'eau puisse monter sans obstacle, & que dans la seconde elle soit contrainte de passer par le trou d'une soupape, dont la superficie soit plus petite que celle du cercle du piston ; l'on voit qu'il faudra que les forces qui les feront mouvoir avec la même vitesse, soient dans la raison réciproque des quarrés des superficies du cercle du piston, & du trou de la soupape.

Par exemple, l'on a un piston dont le cercle est de 50 pouces, il arrive par le défaut des soupapes à coquille, que l'eau est contrainte de passer par un trou dont la superficie n'est que de 20 pouces ; regardant ces deux nombres comme les secondes puissances des diametres, les quarrés des mêmes nombres 2500, & 400, exprimeront le rapport des quatrièmes puissances des diametres ; alors les forces qu'il faudra appliquer aux pistons de ces deux pompes seront dans la raison réciproque de 25 & de 4 ; c'est-à-dire, que s'il faut 4 degrés de force à la puissance qui refoule l'eau sans obstacle, il en faudra 25 à celle qui est obligée de la faire passer par la soupape à coquille, sans compter le surcroît de résistance que cette dernière puissance trouvera de la part des obstacles que cette soupape fait naître par son opposition au passage de l'eau.

Lorsqu'une même puissance refoule l'eau par des soupapes de dif-

964. Si la puissance qui refoule l'eau du corps de pompe où il y a une soupape à coquille, n'étoit pas susceptible d'accroissement, c'est-à-dire, qu'elle restât égale à celle qui est appliquée à la pompe où il n'y a point d'obstacle, le tems qu'il faudra à la

premiere, sera au tems qu'il faudra à la seconde, pour faire faire au piston le même chemin, ou pour élever des quantités d'eau égales; dans la raison réciproque, de la superficie du piston, à celle du trou de la soupape. (905.) Et selon l'exemple précédent comme 50 est à 20, ou comme 5 est à 2, c'est-à-dire, que si l'on suppose qu'il faille à la seconde puissance, 4 secondes pour faire faire à son piston 30 pouces, il faudra que la premiere puissance en employe 10 pour faire faire au sien le même chemin; ce qui est bien évident par l'article 460, où il est démontré que lorsque les hauteurs des réservoirs ou les vitesses de l'eau sont égales, par conséquent les forces qui les impriment, il faut pour qu'il sorte une égale quantité d'eau de deux orifices différens, que les tems de l'écoulement soient dans la raison réciproque des mêmes orifices.

965. Il ne faut donc plus s'étonner s'il arrive souvent que les pompes ne donnent pas à beaucoup près la quantité d'eau qu'on devoit en attendre, eu égard à la force du moteur, parce que si le passage de l'eau se trouve retreci à l'endroit de la soupape, ou d'une branche, la vitesse du piston sera d'autant plus retardée par rapport à celle du courant qui les mène, qu'il faudra que la vitesse respective de ce courant soit plus grande.

Si l'on ne s'est point aperçu plutôt de l'inconvénient de faire passer l'eau par certains endroits avec plus de vitesse que n'en a le piston, cela vient de ce que le plus grand nombre des Machinistes, sont leur calcul dans l'état d'équilibre, pour diminuer ensuite le poids d'une certaine quantité prise au hazard, sans se mettre en peine de la vitesse qui peut lui convenir. La plupart même ne font cette diminution que pour avoir égard aux frottemens, quoique ce soit un objet entièrement séparé du précédent. Il me reste encore à parler de quelques autres soupapes qui sont en usage, mais que je ne rapporte que pour les faire connoître, persuadé qu'on cessera de s'en servir, quand on connoitra l'avantage de celle dont je viens de faire mention.

966. La soupape conique est composée d'un cône tronqué E, qui se loge dans une coquille BC, faite à peu près comme la précédente, avec cette différence qu'elle n'a point d'anneau dans le milieu, parce que la tige est fort courte: à son extrémité est une goupille RG, qui empêche que la soupape ne s'échappe; son grand cercle répond immédiatement à un chapiteau convexe, dont les rebords doivent avoir assez de saillie, pour qu'en retombant, ils ferment toujours exactement la coquille; car n'y ayant rien qui contraigne l'axe du cône à rester toujours dans le milieu, il pourroit, en s'écartant à droite ou à gauche, laisser un jour par où l'eau

seroient
grossièurs,
les tems de
la levée du
piston sont
dans la raison
réciproque
des
quarrés des
diamètres
des soupapes.

Si l'on n'a
point senti
plutôt le défaut
des
pompes
instantes,
cela vient
d'avoir calculé
leurs
effets dans
l'état d'équilibre.

PLAN. 4.
FIG. 7.
Description
des soupapes
coniques
& leurs défauts.

du tuyau montant, redescendrait dans le corps de pompe. On voit que cette soupape est dans le cas de la précédente, rétrécissant de même le passage de l'eau, & que tout ce que nous venons de dire lui peut être appliqué, c'est pourquoi je ne m'y arrêterai pas davantage.

*Description
des soupapes
sphériques,
&
leurs dé-
fauts.*

FIG. 6.

967. La soupape sphérique est beaucoup plus simple, n'étant composée que d'une sphere E, qui retombe dans une coquille BC lorsque le piston aspire; il est certain que cette soupape seroit préférable à toutes les autres, si elle n'avoit pas le défaut de retrecir encore le passage de l'eau; car dès qu'elle seroit une fois logée au bas d'un tuyau, elle joueroit nombre d'années sans être obligée d'y toucher, n'étant sujette à aucune réparation. Il est vrai qu'on pourroit élargir le tuyau montant au-dessus & au-dessous de la coquille, sur la hauteur d'un diamètre du même tuyau, afin que le trou de la coquille & le passage de l'eau autour de la sphere, soit égal au cercle du piston, & que l'eau ait par-tout une vitesse uniforme, alors cette soupape seroit aussi parfaite qu'on le peut désirer; il faut seulement prendre garde de ne pas la faire trop legere ni trop pesante; car si elle est trop legere & que le tuyau montant soit de même calibre que le corps de pompe; l'impulsion de l'eau ne manquera pas de l'élever à une hauteur considérable, & la coquille ne sera pas fermée assez promptement pour empêcher que l'eau ne redescende. Il pourra même arriver un effet assez bizarre; qui est de voir la même eau passer continuellement du corps de pompe dans le tuyau montant, & du tuyau montant dans le corps de pompe, selon que le piston aspirera ou refoulera; car si le passage n'est pas interrompu dans le moment que l'impulsion vient à cesser, il ne montera pas de nouvelle eau dans le corps de pompe, ni dans le réservoir.

Si au contraire la soupape est fort pesante, comme de 60 ou 70 lb, qui est à peu près le poids qu'elle auroit, si étant massive elle avoit 7 à 8 pouces de diamètre, la puissance sera obligée de le surmonter, indépendamment de celui de la colonne d'eau; il faut donc pour prendre un juste milieu, regler la pesanteur spécifique de la soupape sur la vitesse du piston, afin qu'elle ne s'éloigne jamais de sa coquille, qu'autant qu'il le faudra pour laisser passer l'eau, à moins que pour éviter tout inconvénient, elle n'y soit retenue par une chaîne.

PLAN. 4.

FIG. 5.

*Description
des soupapes
faites en
clapet.*

968. Il nous reste à parler de la soupape faite en clapet, qui est assurément la moins imparfaite, laissant un libre passage à l'eau, comme on en peut juger par la cinquième figure, où l'on voit la soupape AD, qui diffère peu de celle qui est décrite dans l'arti-
cle

cle 867; elle est composée d'un morceau de cuir CD, serré entre deux plaques de cuivre AB & EF, dont la première a un diamètre de deux ou trois pouces plus grand que celui du tuyau LM; la seconde EF a au contraire son diamètre un peu plus petit que celui de ce tuyau, afin de pouvoir entrer dedans: ces deux plaques sont estreintes ensemble par une vis SR, & un écrou GH; la pièce de cuir a une queue DT servant de charnière, serrée entre les brides comme à l'ordinaire.

Cette soupape que l'on suppose placée au bas d'un tuyau montant, est logée dans un tambour IK, pour ne point retrécir le passage de l'eau en cet endroit; je veux dire que l'on a enfilé le bas du tuyau montant NO, afin d'avoir une couronne YZ tout autour de la bride du tuyau LM, pour appuyer la soupape qui se trouve par conséquent horizontale: situation préférable à celle que l'on peut nommer verticale, comme dans les figures 6 & 7 de la Planche première aux endroits S & C, qui ne ferme pas si bien; il est vrai qu'en récompense l'espace vuide n'est pas si grand.

On pourroit se dispenser de faire cette soupape aussi matérielle qu'elle le paroît ici, autrement la charnière qui n'est que de cuir seroit bien-tôt usée, étant la partie la plus foible; aussi est-ce toujours par-là que manquent ces sortes de soupapes, sur-tout quand elles ont beaucoup de portée; d'ailleurs elles sont sujettes à de fréquentes réparations, & ne sont pas commodes pour la fermeture des grands tuyaux, parce qu'il arrive assez souvent qu'en retombant elles s'écartent d'un côté plus que de l'autre, & ne ferment pas toujours exactement; le cuir de la charnière devenant trop flexible n'a plus assez de corps pour obliger la soupape à suivre toujours la même détermination; pour remédier à cet inconvénient, on pourroit quand le tuyau montant a 8 ou 10 pouces de diamètre faire une soupape composée de deux clapets, comme celle que je vais décrire.

969. Il faut s'imaginer une couronne de cuivre telle qu'on la voit représentée par la dix-neuvième figure, dont le petit diamètre soit égal à celui du tuyau montant, & que celui du grand cercle donne à la couronne toute la largeur nécessaire pour être serrée entre les brides du tambour & celles du tuyau recourbé. Cette couronne doit être traversée diamétralement par une barre DD, en sorte que le tout ne fasse qu'une pièce, ainsi qu'on l'a exprimé en profil dans la quatrième figure, où la partie LM représente cette couronne avec la barre A vue en travers. On fera un cercle de cuir d'un diamètre de deux pouces plus grand que celui du tu-

*Description
d'une nouvelle
soupape en sa-
pes, à l'usage
des
gros tuyaux.*
PLAN. 4.

PLAN. 4. yau montant, pour déborder autour du trou; on en formera deux clapets E & I, fortifiés en dessus & en dessous par des plaques de cuivre GH, entretenues ensemble, ainsi qu'il a été détaillé, en décrivant dans l'article 956 la soupape du piston de la dix-septième figure. On appliquera le cercle de cuir diamétralement le long de la traverse A; on posera dessus une règle de cuivre B de même longueur, & on les unira ensemble par deux vis, comme on l'a représenté dans la troisième figure, où l'on remarquera que la règle BC, est accompagnée d'une espèce de poignée DE, vûe en face, au lieu que dans la quatrième elle paroît de profil; cette poignée sert à empêcher que les clapets ne retombent tous deux du même côté; il est certain que cette soupape est des plus commodes, & retrecit si peu le passage, que cela ne mérite pas la peine d'y faire attention.

Autre soupape en clapets, faite de cuivre, pour les gratoiriaux.

970. Dussai-je encourir le reproche de trop m'arrêter à des sujets qui semblent ne pas le mériter; il me reste encore une soupape à décrire, car j'avoue ingénument que je ne puis me taire, lorsque j'apperçois quelque chose qui a une apparence d'utilité. Les clapets de cuir n'étant point d'une longue durée, j'ai pensé qu'on en pourroit faire de cuivre aussi commodes, en les composant de deux demi cercles enclavés ensemble par une charnière commune, ce qu'on entendra du premier coup d'œil, en considérant les figures 10, 11, 12 & 13. La treizième représente le plan de ces clapets dans la situation où ils se trouvent lorsqu'ils sont fermés, ils sont logés dans une boîte BB, dont le relief est égal au leur, & se meuvent par le moyen des charnières GG, dont la goupille est entretenue par ses extrémités dans deux montans E, qu'on ne peut bien distinguer que dans la douzième figure. Vers le haut de chaque montant est un bouton F, qui sert à maintenir les clapets dans la situation où ils sont représentés dans les figures 10 & 11, afin qu'ils puissent retomber chacun de leur côté, aussi-tôt que le piston cesse de refouler; & comme les différens développemens que je donne ici sont assez bien exprimés pour juger de quoi il s'agit, je ne m'arrêterai point à une plus ample explication; je dirai seulement que la languette AA doit être serrée avec des rondelles de cuir, entre les brides du tambour IK & celles du tuyau LM, qui répond au corps de pompe.

Il y a encore une autre soupape qui se place au fond des réservoirs ou bassins, servant à les mettre à sec ou à lâcher l'eau dans les tuyaux de conduite, pour la faire jaillir dans un jardin de plaisance. Cette soupape, que l'on voit représentée par la dixième figure

de la premiere planche du Chapitre suivant, est composée d'une boete de cuivre ABCD nommée *Crapaudine femelle*, accompagnée d'un rebord BC, évasé comme les coquilles des soupapes ordinaires, pour loger le couvercle G nommé *Crapaudine mâle*, auquel est attachée une tige H, servant à ouvrir & à fermer la soupape à l'aide de la traverse EF, percée dans le milieu d'un trou dans lequel la tige joue perpendiculairement.

Voilà en général ce qui m'a paru qu'on pouvoit dire sur les pompes ; peut-être trouvera-t-on que je suis entré dans'un trop grand détail, mais j'ai crû qu'un sujet aussi utile que celui-ci, & sur lequel on n'a point écrit, ne pouvoit être trop développé, m'étant principalement proposé l'instruction de ceux qui ont du goût pour les Machines, & auxquels je ne devois pas supposer plus de connoissances que n'en ont la plupart des Ouvriers qui s'en mêlent; je pourrois ajouter que les pompes étant les parties les plus essentielles des Machines Hydrauliques, ce Chapitre devient la base de celles que je vais expliquer.



C H A P I T R E IV.

Où l'on décrit plusieurs Machines pour élever l'eau par le moyen des pompes.

271. **D**E quelque manière que l'on s'y prenne pour élever l'eau par le moyen des pompes; l'on tombera toujours dans l'un des trois cas que voici. Le premier, de la tirer d'un lieu profond, pour l'élever jusqu'au rez-de-chaussée; & c'est ce qu'on peut faire en se servant des *pompes aspirantes*, répétées autant de fois qu'il est nécessaire. Le second, lorsqu'on veut élever l'eau d'une source sur une montagne; il faut se servir des *pompes refoulantes*, qui contraignent l'eau de monter dans des tuyaux, posés verticalement, ou le long d'un plan incliné. Et le troisième, lorsque l'eau se trouvant fort inférieure au rez-de-chaussée, on veut l'élever beaucoup au-dessus; alors comme ce cas renferme les deux précédens, il faut nécessairement se servir des *pompes aspirantes & refoulantes*.

Pour donner dans ce Chapitre différens moyens de faire mouvoir les pompes, qui conviennent aux trois cas précédens, à portée d'être exécutées par des particuliers, nous commencerons par la description d'une pompe aspirante, exprimée sur la première planche, dont l'usage est de tirer l'eau d'un puits ou d'une citerne.

PLAN. 2.

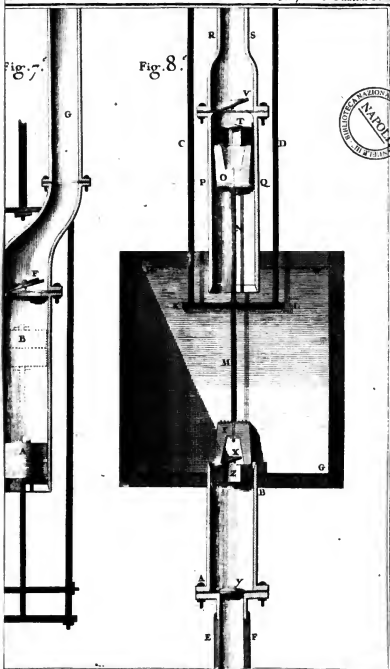
FIG. 1.
& 2.

Description
d'une Pom-
pe domesti-
que pour é-
lever l'eau
d'un puits
ou d'une ci-
terne.

972. Cette pompe est composée d'un tuyau de plomb A de deux pouces de diamètre, qui trempe dans l'eau qu'on veut élever, ayant son extrémité H coudée afin de l'arrêter sur un socle de bois ou de pierre. Ce tuyau aboutit à un autre B, aussi de plomb, de cinq pouces de diamètre, servant de corps de pompe, ayant sa partie N terminée en entonnoir pour se raccorder avec l'aspirant, & pour servir à loger un petit barillet D couvert d'une soupape ou clapet O; ce barillet est de bois garni de filasse, afin que l'eau qui est montée dans le corps de pompe, ne puisse plus descendre lorsque la soupape est fermée.

Le piston de cette pompe est composé d'un autre petit barillet E, garni par le haut d'une bande de cuir; il est attaché à une anse de fer suspendue à la verge C, & couvert par la soupape N, qui s'ouvre & se ferme alternativement avec la précédente, de la même manière qu'on l'a expliqué dans l'article 868.

La puissance appliquée à la poignée K, fait jouer le levier MAI, dont le bras LK est de 30 pouces, & l'autre LM de 5; ainsi l'on



Deuland Sculp. 5

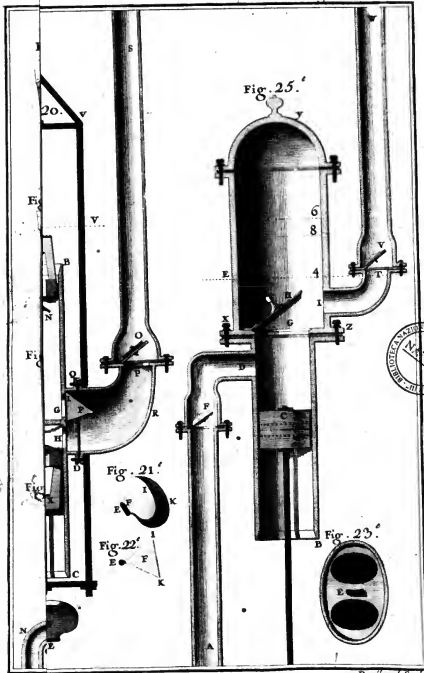




Fig. 7.^e

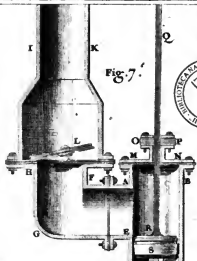


Fig. 6.^e

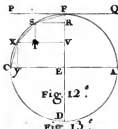
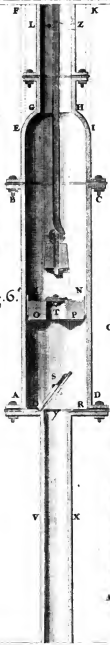
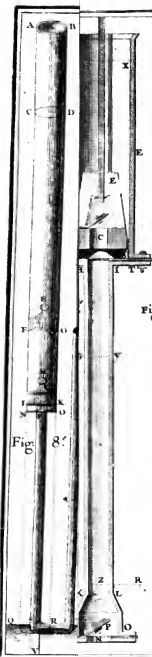


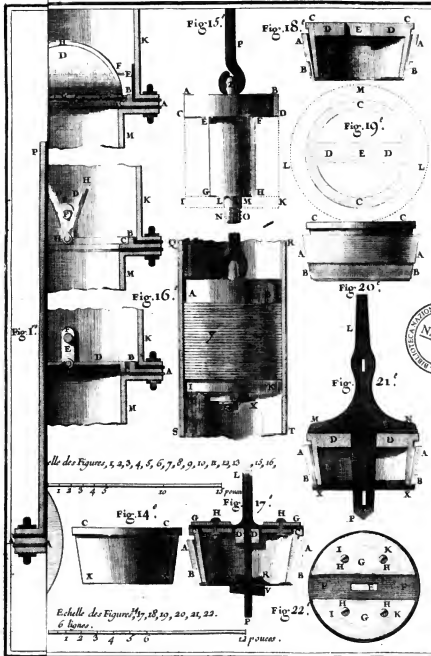
Fig. 12.^e



Fig. 13.^e

Fig. 8.^e





voir que la puissance est la sixième partie du poids, lequel est exprimé ici par celui d'une colonne d'eau de 5 pouces de diametre, ayant pour hauteur l'élevation de la gargouille P au-dessus du niveau de l'eau.

Les pieces F & G désignées par la figure 4, sont deux outils de fer, servant à asseoir ou à retirer le barillet D, que les Ouvriers nomment *secre*. Pour le placer on le laisse couler dans le corps de pompe, & on l'affermir en le frappant avec la tête circulaire de la piece F. Pour le retirer on commence par lever la soupape O avec le crochet G, ensuite on introduit dedans l'autre bout H de l'outil F, avec lequel on l'accroche par le dessous. Pour plus d'intelligence, les figures 5 & 6 expriment en grand les deux barillets & leurs soupapes, qu'il sera aisé de rapporter à la première figure, en suivant les lettres qui lui sont relatives.

973. La figure 7 représente l'élevation d'une pompe qui peut avoir son utilité; le levier A fait mouvoir deux verges de fer B, C, dont l'une baisse tandis que l'autre hausse, ce qui peut servir dans les cas où l'eau se trouve trop basse pour être levée tout d'une venue. Par exemple, si on avoit un puits de 40 pieds de profondeur, on pourra avoir deux corps de pompes, le premier placé environ au milieu de la profondeur du puits, & l'autre au-dessus du rez-de-chaussée; la verge C fera mouvoir le piston qui aspirera l'eau à la hauteur de 18 ou 20 pieds, pour être ensuite reprise par le piston du corps de pompe qui répond à la verge B.

Moyen fort simple d'élever l'eau par reprise à une hauteur de 40 ou 50 pieds.

974. La figure 8 montre une autre sorte de pompe aspirante, qui joue par le moyen d'une balance E; la puissance est appliquée à la corde A, & leve le poids B, & ce poids en baissant, fait hausser la verge C. Cette pompe qu'on suppose dans une cour peut devenir, si l'on veut, mitoyenne à un jardin, parce qu'ayant une corde attachée au bras D de la balance, & la faisant passer à travers le mur de clôture, en tirant la poignée F, on fera mouvoir le poids B, & par conséquent le piston qui répond à la verge C qui conduira l'eau dans le tuyau G pour la décharger par la gargouille H; mais alors il faut fermer l'autre I & réciproquement. Quant à la figure 9, elle représente deux corps de pompes de bois à l'usage des vaisseaux; on s'en sert aussi pour arroser les jardins.

Moyen de rendre une Pompe aspirante mitoyenne.

975. La figure 3 de la troisième planche, représente encore le dessein d'une machine propre à faire jouer à force de bras des pompes aspirantes. La manivelle A à laquelle doit être appliquée la puissance est accompagnée d'une volée B pour entretenir l'uniformité du mouvement, A l'essieu de cette volée est un pignon C

Maniere de faire agir alternativement deux Pompes aspirantes.

PLAN. 3. qui s'engraine avec une roue D, dont l'essieu GH est coudé, de
FIG. 3. manière à former une double manivelle LMKINO, à laquelle
sont suspendues les verges EF des pistons qui aspirent alternative-
ment, pour qu'il n'y ait point de tems perdu.

A l'égard des dimensions qui conviennent le mieux aux parties
de cette machine, il faut donner 12 pouces au coude de la mani-
vèle A; 6 à celui de l'autre manivèle MN, 6 au rayon de la roue
D, 2 à celui du pignon C; & 3 pieds à celui de la Volée B.

*Calcul de
la Machine
précédente
pour trou-
ver le dia-
mètre des
pistons, re-
lativement
à la puissan-
ce & à la
hauteur où
on veut éle-
ver l'eau.*

976. Supposant que l'on veuille élever l'eau à une hauteur de
28 pieds par le moyen de la force d'un homme, que nous esti-
mons de 25 lb, appliqué à la manivèle A; voici comme on pourra
trouver le diamètre des pistons, pour que le poids de la colonne
d'eau soit proportionné à la puissance.

Si l'on se rappelle ce qui a été enseigné dans les articles 109,
110 & 111, l'on verra que cette machine peut être considérée
comme si elle n'avoit qu'un corps de pompe, dont le piston fit
monter l'eau sans interruption, & que le bras de levier moyen qui
répond au poids, doit être exprimé par les deux tiers du coude LM
ou NO de la manivèle. Or comme il se rencontre ici quatre bras
de levier entre la puissance & le poids, qui font le coude LM ré-
duit à 4 pouces; le rayon de la roue D de 6, celui du pignon C
de 2, & le coude de la manivèle A de 12, la puissance sera au
poids (74) comme 4×2 est à 6×12 , ou comme 1 est à 9. On pour-
ra donc dire comme 1 est à 9, ainsi 25 est à un quatrième terme,
qu'en trouvera de 225 lb pour le poids de la colonne d'eau que la
puissance doit élever, dont on aura le volume, en disant. Si 70 lb
d'eau donnent 1728 pouces cubes, combien donneront 225 lb? Il
vient 5554 pouces cubes, qu'il faut diviser par 28 pieds ou 336
pouces, hauteur de la colonne dont il s'agit; on aura environ 16
pouces & demi pour la superficie du cercle de sa base, qui répond
à un diamètre de 4 pouces 6 lignes.

*Estimation
de la quan-
tité d'eau
que cette
machine
peut élever
par heure.*

977. Pour calculer le produit de cette machine, il faut conside-
rer, que le coude de la manivèle MN, étant de 6 pouces, la le-
vée de chaque piston sera de 12; ainsi dans chaque révolution que
fera cette manivèle, les deux pistons ensemble déchargeront une
colonne d'eau de 2 pieds de hauteur, sur 4 pouces 6 lignes de dia-
mètre, qui pèse environ 15 lb $\frac{1}{2}$.

Le rayon du pignon C n'étant que le tiers de celui de la roue D;
il faudra que la puissance fasse faire trois tours à la manivèle A,
pour que l'autre MN en fasse un; & comme cette puissance pour-
ra faire en une heure mille révolutions, (121) il suit que la mani-

velle MN, n'en sera que 333 dans le même tems, qui étant multiplié par $15 \frac{1}{2}$, donne 5161 lb d'eau par heure, ou 184 pouces.

978. Voici un moyen assez simple de faire agir deux pompes, à l'aide d'un balancier AB, chargé de poids à ses extrémités; il est porté en équilibre sur deux tourillons C, comme on le peut voir sur le Plan. A droite & à gauche sont deux bouts de planches I, clouées sur deux traverses E, D, attachées à l'essieu. Sur ces deux planches est placé un homme, qui doit donner le mouvement au balancier; & pour qu'il y soit en sûreté, on a élevé quatre poteaux assemblés par des lisses d'appui, quatre autres poteaux couverts de deux chapeaux, pourront porter cette balance, n'étant pas nécessaire d'un assemblage plus composé. A 10 pouces de chaque côté de l'essieu, sont suspendues des verges de fer MN qui portent les pistons L. L'homme appuyant tantôt sur un pied, tantôt sur l'autre, donnera le mouvement au balancier, aspirera l'eau dans les corps de pompes OP, & la refoulera dans le tuyau montant LH, à une hauteur proportionnée au diamètre des pistons, & à l'action du moteur. Il seroit bon de mettre à chaque côté un rouleau porté sur deux ressorts de fer FG, pour aider à relever le balancier.

979. Feu M. Morel, de qui je tiens cette machine, & les autres comprises sur la seconde & troisième planche, ayant remarqué qu'en plusieurs endroits, au lieu d'employer trois ou quatre hommes, comme on fait ordinairement pour sonner les grosses cloches à toute volée, un seul les mettoit en branle, en faisant effort avec le pied sur l'extrémité d'une planche attachée au mouton, a pensé qu'on pouvoit se servir du même moyen pour composer la machine représentée par la quatrième figure, dont l'objet est de faire agir deux pompes. Pour cela il suppose que A est un poids de 200 lb suspendu à un essieu, comme le seroit une cloche; que cet essieu est traversé d'une bagre de fer propre à porter deux verges F, avec leurs pistons pour refouler & aspirer l'eau des corps de pompes D, C, dont on s'est contenté de marquer l'emplacement, sans se mettre en peine de la fourche & du tuyau montant. En effet, un homme pressant du pied le bout de la planche E, comme s'il ébloit une cloche, fera mouvoir les deux pistons; car quand il ne seroit qu'une effort de 60 lb, le levier ayant 4 pieds de longueur, & les tiges suspendues à un pied du centre de l'essieu, le poids pourra être quadruple de la puissance; par conséquent si l'on suppose les pistons de 2 pouces de diamètre, ils pourront refouler une colonne d'eau de 154 pieds de hauteur.

980. La première & seconde figure représentent la manière de

PLAN. 2.

FIG. 3.

*Manière de
faire agir
deux petites
pompes re-
foulantes,
pour élever
l'eau dans
un réservoir.*

*Autre
moyen fort
simple d'é-
lever l'eau
par le moyen
des Pompes.*

PLAN. 2.

FIG. 4.

PLAN. 2.

FIG. 1.
& 2.

*Description
d'une ma-
chine pour
lever l'eau
à force de
bras, à l'ai-
de des Pom-
pes aspira-
ntes & re-
foulantes.*

faire agir des pompes aspirantes & refoulantes, mises en mouvement par un ou deux hommes, appliqués à la manivelle A, accompagnée d'une volée Q, à l'essieu de laquelle est un pignon B, qui s'engraine avec deux roues C, D, dont l'essieu est commun à deux autres petites roues E & F, qui ne sont dentées que sur la moitié de leurs circonférences, comme on en peut juger par la cinquième figure, qui montre la situation de ces roues par rapport à leurs essieux. Ainsi quand on met la manivelle en mouvement, elle fait tourner le pignon B, par conséquent les roues C, D, de même que les deux autres E, F, qui s'engrangent alternativement dans les coches des règles G & H, attachées aux tiges des pistons, dont l'un refoule l'eau dans le tuyau montant O, tandis que l'autre l'aspire pour la faire monter au-dessus de la soupape inférieure, comme il est aisé de se l'imaginer, en se rappelant ce qui a été expliqué dans les articles 872 & 877. Car on fera attention que les dents des deux petites roues étant situées dans un sens opposé, la première E, fait monter la règle G, jusqu'à la dernière coche; après quoi ne présentant plus que la partie qui n'a point de dent, le poids I, dont cette règle est chargée, fait descendre le piston, pour refouler l'eau à une hauteur proportionnée à la grosseur du corps de pompe, & à l'action du poids I, qui doit être supérieur à celui de la colonne. D'autre part, tandis que la règle G monte, & que son piston aspire, les dents de l'autre roue F, accrochent la règle H, pour la faire descendre jusqu'à la dernière coche; alors son piston N refoule, ce qui se fait par l'action de la puissance motrice, & aussi-tôt que cette roue présente la partie qui n'est point dentée, la règle H remonte, parce qu'elle est élevée par l'action du poids K, auquel elle répond par une corde qui passe sur deux poulies; ainsi il suffit que la pesanteur de ce poids soit un peu au-dessus de celui de la colonne d'eau que le piston aspire, y compris la résistance causée par le poids de la règle & du piston. J'ajouterai que les règles G & H, doivent glisser dans des coulisses L, pour qu'elles se maintiennent verticales.

Quant aux dimensions de cette Machine, il faut donner un pied de coude à la manivelle A, 6 pieds au diamètre de la volée Q, 4 pouces à celui du pignon B, 16 à celui des roues C, D, & 4 au rayon des roues E & F, pris depuis le centre jusqu'au milieu de la saillie des dents.

*Manière de
faire le cal-
cul de cette
machine.*

981. Comme entre la puissance & le poids, il y a quatre bras de leviers qui sont le coude de la manivelle de 12 pouces, le rayon du pignon de 2, celui des roues C, D de 8, & celui des roues

E

E & F de 4; la puissance sera au poids comme 2×4 est à 1×8 , ou comme 1 est à 12; par conséquent un homme, avec une force de 25 lb, pourra élever une colonne d'eau de 300 lb. Il ne reste donc plus qu'à suivre ce qui a été enseigné dans l'art. 976, pour trouver le diamètre des pistons, en faisant attention que la hauteur de la colonne d'eau doit être exprimée par celle du réservoir, au-dessus du niveau de la source, comme si le tuyau d'aspiration faisoit partie de la hauteur du tuyau montant. (890)

982. La première figure de la planche troisième, représente le dessein d'une machine exécutée à Sources, village d'Alsace, sur la route de Strasbourg à Landau: elle est posée dans un grand puits carré, dont l'eau est propre à faire du Sel. Pour la bien entendre, il faut être prévenu qu'il y a trois planchers situés à 10 ou 12 pieds les uns des autres; l'assemblage de charpente A est posé sur le premier au bord du puits; le treuil B sur le second, & le bac C sur le troisième. On n'a point représenté ces différents étages, parce qu'ils auroient embrouillé la figure.

*Description
d'une ma-
chine exé-
cutée à
Sources en
Alsace pour
élever l'eau
par le moyen
d'une hélice.*

PLAN. 3:
FIG. 1.

Une chute d'eau qui coule le long de l'auge R, fait tourner la roue D, dont l'essieu E est accompagné de quatre pattes X, Y, qui appuyent les unes après les autres sur les leviers F, G, pour faire mouvoir le treuil B, auquel ces leviers répondent par des verges de fer attachées aux extrémités du balancier K; & comme les bouts de l'autre balancier N, portent les tiges des pistons des corps de pompe I & H, l'on voit qu'ils agissent tous deux à chaque mouvement du treuil; car selon la construction de la machine, le levier F ne sçauroit baisser, sans que l'autre G ne hausse en même tems par le mouvement du balancier K.

La pompe H qui est aspirante, & semblable à celle que nous avons décrit dans l'article 971, élève l'eau du puits dans le bac C à une hauteur d'environ 24 pieds, ensuite la pompe I, qui est aspirante & refoulante, comme dans l'article 872, la reprend pour la faire monter par le tuyau L à 60 pieds plus haut; d'où elle est conduite dans un réservoir voisin du lieu où se fait le sel, qui se trouve environ à 84 pieds au-dessus de la surface de l'eau du puits. Je ne donne point les dimensions que l'on a suivies dans la construction de cette machine, M. Morel qui l'a dessinée sur les lieux avec assez de précipitation, n'ayant pas eu le tems de les prendre; mais voici celles qui me semblent pouvoir lui convenir.

983. Je suppose que la roue a 5 pieds de rayon, que la longueur des pattes X, Y prise depuis l'axe de l'arbre est de 20 pouces; que la longueur VS du levier EV, depuis son point d'appui

*Dimensions
qui peuvent
convenir à
cette ma-
chine.*

jusqu'à l'endroit S, où l'extrémité de la patte X commence à appuyer, est de 70 pouces; que le point T où est suspendue la verge qui donne le mouvement au balancier K, est éloigné de 60 pouces du point d'appui V, & que les pistons ont chacun 12 pouces de levée. Cela posé, il faut que l'extrémité de la patte X, parcourant une certaine longueur déterminée, SF du levier prolongé VF, pour que le point T qui a le même mouvement que les pistons, puisse baisser de 12 pouces, & remonter d'autant, tandis que les pattes agiront alternativement sur les leviers F & G; autrement si la patte n'échappe pas l'extrémité F dans l'instant de la plus basse descente du piston, il arrivera que la machine cessant d'agir, pourra faire un effort capable de casser quelque pièce, parce que la roue D allant toujours son train, tendra à surmonter l'obstacle qui voudroit l'empêcher de tourner. Si au contraire la partie SF est plus courte qu'il ne faut, la patte ne faisant pas descendre le point T aussi bas qu'on se l'étoit proposé, l'on ne pourra pas dire que le piston a 12 pouces de levée, ni calculer le produit de la machine sur ce pied-là. Comme le cas dont il s'agit se rencontre souvent dans plusieurs Moulins, je vais m'y arrêter un moment.

PLAN. 3.

FIG. 4.

Considérez la figure quatrième dont le cercle *a* représente l'arbre de la roue, accompagnée de la patte *dc*, qui agit sur le levier *eb*, dont le point d'appui est en *b*, ayant la tige *hk* du piston suspendu au point *h*, comme dans la figure précédente; ainsi en suivant les mêmes mesures, *ac* sera de 20 pouces; *hb*, de 60; *cb*, de 70, & l'intervalle *ab* de 90.

Lorsque la patte *dc* sera sur le point d'échapper le levier *eb*, les extrémités *c* & *e* seront réunies au point *g*, & le point *h* sera parvenu en *i*, après avoir décrit l'arc *hi*; alors on aura le triangle *abg*, dont le côté *ab* sera de 90 pouces, & le côté *ag* de 20; d'autre part, l'on a aussi le triangle rectangle *inb*, dont l'hypoténuse *ib* sera de 60 pouces, & le côté *in* de 12, puisqu'il marque la descente du piston. On pourra donc dire comme *in* est à *ib*, ainsi le sinus total est à la sécante de l'angle *nib*, qui répond dans les tables à 78 degrés 27 minutes, dont le complément est 11 degrés 33 minutes, pour la valeur de l'angle *nib*. Or comme dans le triangle *agb*, l'on connoît deux côtés & un angle, il est aisé de parvenir à la connoissance du côté *gb*, qu'on trouvera de 79 pouces 6 lignes pour la longueur entière du levier *eb* ou FV de la première figure, d'où retranchant la partie SV de 70, il restera 9 pouces 6 lignes pour l'autre FS que doit parcourir la patte X, afin que le piston descende de 12 pouces.

984. Pour montrer de quelle maniere il faudroit calculer cette machine, considérez que le rayon de la roue étant de 5 pieds ou le 60 pouces, & la longueur de la patte X de 20, la puissance que nous nommerons P, sera à l'effort que fait cette patte au point S, comme 1 est à 3. Ainsi la puissance réduite au point S, pourra être exprimée par $3p$, lorsque le levier FV & la patte X se trouvent dans un même alignement. Or comme ce levier est de la seconde espece, (59) la puissance qui agira au point S, sera à l'effort qu'elle produira au point T, pour pousser la verge de haut en bas, comme VT (60) est à VS (70); ou comme 6 est à 7; l'effort au point T pourra donc être exprimé par $\frac{7}{6}p$.

*Maniere de
faire le cal-
cul de la
même Ma-
chine.*

Pour connoître le diametre des pistons des deux pompes, considérez que puisque celui de la pompe H aspire, tandis que celui de la pompe I refoule, ils soutiendront ensemble le poids d'une colonne d'eau de 84 pieds, ou de 1008 pouces de hauteur. Pour avoir la base de cette colonne en pouces quarrés, il faut commencer par réduire $7p$ en pouces cubes, en disant : comme 70 lb est à 1728 pouces, ainsi $\frac{7}{6}p$, est à un quatrième terme, qui donne $\frac{4.3}{6}p$, qu'il faut diviser par 1008 pouces; il vient après la réduction $\frac{1}{12}p$, pour la superficie du cercle des pistons, qu'il faut multiplier par $\frac{1}{12}$, pour avoir le quarré du diametre, qui étant réduit donne $\frac{1}{144}p$, dont la racine fera le diametre que l'on cherche.

Supposant que la force respective de la chute de l'eau, sur chaque aube de la roue dans le cas du plus grand effet, soit de 110 lb, substituant ce nombre à la place de p , il viendra 12 pouces quarrés, dont la racine donne 3 pouces 5 lignes 6 points pour le diametre des pistons.

On remarquera, que quoique chaque patte X & Y soient capables d'une force exprimée par $3p$, il n'y aura que celles qui agiront sur le levier FV qui l'exerceront toute entière, parce qu'il n'y a que ce levier qui aspire & refoule l'eau; car pour les autres pattes Y elles n'exercent qu'une très-petite partie de leur force; ce levier G n'agissant point uniformément, la roue à chaque révolution doit tourner plus vite dans un tems que dans l'autre. Un second défaut de cette machine vient de la patte X, qui ne presse pas non plus également la partie SF du levier, parce que la direction, selon laquelle elle agit, change à chaque point du chemin quelle parcourt, de même que la longueur du levier VS qui va toujours en croissant. Pour rectifier cette partie, il faudroit que la patte X, au lieu d'être droite, eut la figure d'une *Epicicloide*, comme M. de la Hire l'a enseigné dans le *Traité* qu'il a fait sur ce sujet.

Sij

*Machine
proposée par
M. Morel,
pour pro-
duire le mè-
me effet que
la précé-
dente.*

PLAN. 3.

FIG. 2.

985. Pour produire le même effet que dans la machine précédente, mais d'une manière beaucoup plus simple, M. Morel suppose qu'on a eu une chute d'eau pour faire tourner la roue A; que son esliou est accompagné de deux demies roues dentées B, C, posées du même côté, environ à trois pieds de distance l'une de l'autre, pour mouvoir des pompes. Pour cela il se sert de deux regles, aux extrémités desquelles sont attachées les tiges des pistons. Ces regles qu'on suppose glisser dans des coulisses D, E, pour les maintenir à plomb, sont dentées sur la hauteur de 12 pouces, du sens qu'on le voit représenté: l'une de ces regles est chargée du poids F, pour faire descendre le piston de la pompe aspirante H; au bout de l'autre est attachée une corde qui passe sur deux poulies, & va répondre au poids G, servant à enlever le piston de la pompe refoulante I; chacune de ces regles est accompagnée d'une cheville, pour limiter son mouvement par la rencontre des coulisses D E.

Lorsque la roue A tourne, l'on voit que la demi roue B doit faire monter la regle D, en l'engrenant jusqu'à la dernière coche, & qu'aussi-tôt qu'elle l'échappe, le poids F doit faire descendre le piston. D'autre part, le poids G tenant la regle E élevée à une hauteur convenable; lorsque la demi roue C viendra rencontrer les dents de cette regle, elle l'obligera à descendre pour refouler l'eau de la pompe I dans le tuyau montant K; ensuite le poids G relevera la regle tout de nouveau, ainsi les pistons aspireront & refouleront alternativement; de la même manière qu'on l'a expliqué dans l'article 982.

Comme la roue B n'exercera qu'une force médiocre pour aspirer l'eau à 24 pieds de hauteur, & surmonter la résistance du poids F, joint à celui du piston, & qu'au contraire il faudra que la demi roue C, agisse avec une force beaucoup plus grande sur la regle E, pour vaincre en même tems la résistance du poids G, & celui de la colonne d'eau que le piston doit refouler à une hauteur de 60 pieds; il arrivera encore que la roue A tournera inégalement. Au reste, n'ayant pas prétendu donner pour modèle les machines précédentes, je laisse à la discrétion de ceux qui voudront en faire construire, d'en tirer ce qu'ils y rencontreront de bon, sans me mettre en peine du sentiment qu'ils en auront; il suffit qu'elles m'aient donné lieu à insinuer de quelle manière l'on doit faire l'analyse des machines exécutées, pour se mettre en état de les réviser.

PLAN. 4.

*Description
d'une Ma-*

986. La planche quatrième comprend les développemens d'une fort belle machine exécutée à Nymphenbourg par M. le Comte de

Wahl, Directeur des Bâtimens de l'Electeur de Baviere ; son objet est d'élever l'eau à 60 pieds dans un reservoir, pour la faire jaillir dans le jardin Electoral.

L'eau du Canal fait tourner une roue dont l'arbre est accompagné de deux manivelles A, qui aboutissent à des tirans de fer B, répondant à des bras de levier D, qui font mouvoir deux treuils C, à chacun desquels sont attachés six balanciers E, que l'on distingue particulièrement dans la troisième figure, portant les tiges F des pistons de 12 corps de pompes G, partagés en quatre équipes.

chine pour élever l'eau par le moyen des pompes ressemblant, exécutée à Nymphenbourg, en Baviere.

FIG. 1.2.
& 3.

Chacun de ces équipages est renfermé dans une bafche IK, au fond de laquelle sont assis les corps de pompes, arrêtés avec des vis sur deux madriers H percés de trous, pour que l'eau du Canal, qui vient se rendre dans les bafches par des tuyaux de conduite R, puisse s'introduire dans les corps de pompe.

FIG. 1.2.
5. & 6.

Les trois branches L de chaque équipage, se réunissent aux fourches O, qui aboutissent aux tuyaux montans P, qui conduisent l'eau au reservoir ; & pour que les pompes qui répondent à chacun de ces tuyaux soient solidement établies, on les a liées ensemble par des entretoises N, aux extrémités desquelles il y a des bandes de fer qui embrassent les pompes, comme on en peut juger par la quatrième figure, qui représente une de ces pompes avec la branche, exprimée plus sensiblement que dans les autres.

FIG. 4.

L'eau du Canal Q, qui aboutit à la chute, a 2 pieds de profondeur, & 2 de vitesse par seconde ; & comme elle coule ensuite dans le coursier le long d'un plan incliné TX, dont la hauteur TV est de 10 pieds, l'on voit que pour estimer la force absolue du courant sur les aubes, il faut selon l'article 574 chercher une moyenne proportionnelle entre SV & ST, c'est-à-dire, entre 2 & 12, qu'on trouvera d'environ 4 pieds 10 pouces 8 lignes, qui répond dans la première Table à une vitesse de 17 pieds 1 pouce 6 lignes ; ainsi la puissance absolue pourra être regardée comme équivalente au poids d'une colonne d'eau, qui auroit pour base la superficie d'une des aubes, & pour hauteur 4 pieds 10 pouces 8 lignes. (578)

FIG. 6.

Le diamètre de la roue est de 24 pieds, ses aubes ont 5 pieds de longueur sur un de hauteur, par conséquent la puissance absolue est équivalente à un poids de 1715 lb.

Les manivelles ont un pied de coude, & sont disposées de façon, que quand l'une est horizontale, l'autre est verticale, afin qu'il n'y ait jamais que les pistons d'un des quatre équipages qui refoulent en même tems sur une levée de 2 pieds, par l'action d'une puissance

S iij.

ce, qui n'est que la douzième partie du poids des trois colonnes d'eau que ces pistons soutiennent, le coude de la manivelle n'étant que la douzième partie du rayon de la roue.

Les pompes
de cette ma-
chine sont
très-dif-
fuses.

987. Le diamètre des corps de pompe est de 10 pieds, & celui de leur branche de 3; ainsi le cercle de ce dernier ne sera exprimé que par 9, tandis que celui des pistons le sera par 100, défaut commun à toutes les pompes refoulantes, & plus considérable ici qu'ailleurs, vu les différens coudes que l'on a fait faire à ces branches, qui sont cause que l'eau ne peut monter, sans rencontrer plusieurs obstacles qui s'opposent à son passage, & qui occasionnent à la puissance plus de force qu'elle n'en emploieroit si les pompes étoient bien faites; & comme ce surcroît de force ne peut avoir lieu, sans que la vitesse respective du courant n'augmente, & que celle de la roue ne diminue à proportion; le produit de la machine doit être beaucoup au-dessous de ce qu'il devroit être naturellement; à cela près, il faut convenir que cette machine est fort simple & bien entendue, méritant d'être imitée en tout ou en partie, lorsqu'on voudra élever l'eau au-dessus du rez-de-chaussée. (971)

*Description & Analyse d'une Machine exécutée au Val
Saint Pierre.*

Voici une nouvelle machine pour faire agir des pompes refoulantes, exécutée au Val-Saint-Pierre, Chartreuse en Tierache, à deux lieues de Vervins, située sur une hauteur, eu égard à une partie de la campagne des environs. Depuis sa fondation, qui est fort ancienne, l'on n'avoit d'autres moyens d'avoir de l'eau, qu'en la tirant d'un puits d'une extrême profondeur, lorsqu'en 1720 le Livre du Chevalier Morland étant tombé entre les mains de Dom. Fougères, alors Prieur de cette Maison, il saisit la pensée de cet Auteur, au sujet des *Ellipses* qu'il propose en la place des manivelles, pour faire agir des pompes, & les appliqua à une machine mue par un cheval, pour élever l'eau d'une source à cent cinquante pieds de hauteur dans un réservoir, d'où elle est ensuite distribuée par toute la maison.

L'espace EFGH (fig. 1.) représente le plan du couvert où cette machine est renfermée; au milieu est un arbre tournant I, posé verticalement, servant d'axe à un rouet, comme on en peut juger par la deuxième & troisième figure, qu'il ne faut point perdre de vue. Ce rouet s'engraine avec une lanterne M, dont l'essieu KL enfila trois Ellipses N égales & semblables, faites de madrier, dans

PLAN. 5.
& 6

la circonférence desquelles on a pratiqué un canal comme aux poulies : ces Ellipses sont situées de façon, que si elles étoient appliquées l'une sur l'autre, les extrémités de leur grand axe formeroient les six points angulaires d'un exagone régulier A, B, C, D, E, F. Fig. 11.

A l'endroit marqué O, est un poteau, au sommet duquel on a pratiqué trois fentes (fig. 6.) pour y passer autant de balanciers PS, traversés d'un boulon qui leur sert d'essieu commun; & pour qu'ils soient toujours maintenus dans la même direction, on les a dirigés par des chassis TV (fig. 2 & 5.) attachées à une poutre.

L'une des extrémités de chaque balancier est embrassée par deux jumelles SQ, qui laissent entr'elles un vuide pour loger des roulettes R, qui tournent dans le canal des Ellipses: (fig. 2 & 3.) à l'autre extrémité X, on a suspendu les tiges XY des pistons de trois corps de pompe, placés dans une petite cave, qui renferme la source, (fig. 4 & 5.) où ils sont embrassés par des fourches de fer 7, 8, liées aux pieds droits de la voûte. Quant aux branches 9 de ces corps de pompe, elles aboutissent à l'endroit 26 au tuyau montant qui traverse un des pieds droits de la cave, & de-là va le long d'une rampe de 200 toises gagner le réservoir.

988. Pour entendre le jeu de cette machine, l'on voit qu'ayant attelé le cheval au Palonier 4 (fig. 1.) & attaché son licol à la barre 5, 6, qui lui sert de guide; que venant à marcher, il fait tourner le rouet & la lanterne M, par conséquent les Ellipses qui donnent le mouvement aux balanciers, par la différence des axes; car lorsque le grand est vertical, le centre des roulettes est monté d'une hauteur égale à la moitié de la différence du grand axe au petit, au lieu qu'il est descendu de la même hauteur quand cet axe devient horizontal: l'on voit que chaque roulette parcourt la demi-circonférence d'une Ellipse, en montant & en descendant, & que pendant sa révolution entière, le piston de son balancier aspire & refoule l'eau deux fois, les roulettes n'abandonnant jamais le canal où elles cheminent, parce que la partie OQ des balanciers l'emporte par sa longueur, & son poids sur la résistance qui répond à l'autre partie PO.

L'on peut donc regarder chaque Ellipse comme la réunion de quatre plans inclinés & curvilignes, tournant autour d'un point fixe & concevoir qu'à chaque révolution de l'essieu KL, un premier plan contraint le poids de monter du pied au sommet, qu'ensuite en succède un second, le long duquel le poids descend par la seule action de sa pesanteur; puis un troisième qui le fait monter comme en premier lieu; & puis un quatrième, le long duquel il descend.

*Explication
du jeu de
cette Ma-
chine.*

*Les Ellipses
sont préfe-
rables aux
manivelles.*

989. Les trois Ellipses ne se trouvant jamais dans la même situation, il arrive que tandis qu'une des roulettes monte, il y en a deux qui descendent, que peu après il n'y en a plus qu'une qui descend & deux qui montent; d'où il suit que les pistons aspirent & refoulent l'eau, selon les variations qui se rencontrent dans la manivelle triple (115) toute la différence, c'est qu'ici les pistons aspirent & refoulent l'eau six fois à chaque révolution de l'axe KL, au lieu que dans un tour de la manivelle ils n'aspirent & refoulent que trois fois; ce qui montre que les Ellipses ont la propriété de doubler la vitesse des pistons, toutes choses d'ailleurs égales, ce que la manivelle triple ne pourroit produire sans un double engrainement. Un avantage encore des Ellipses, c'est de rendre l'action de la puissance beaucoup plus uniforme, parce que les angles que forment ici les axes ne sont que de 60 degrés; c'est à dire, moitié de ceux qui naissent des coudes de la manivelle triple.

Ne connoissant point de Machine plus simple & plus commode que celle-ci pour élever à peu de frais une grande quantité d'eau à une hauteur considérable, soit pour les besoins de la vie, soit pour la faire jaillir dans un jardin de plaisance, je vais m'attacher à en donner les dimensions telles qu'elles conviennent le mieux, sans me mettre en peine de celles qui ont été suivies dans l'exécution.

*Dimensions
du rouet &
de ses par-
ties.*

990. Le rouet a 6 pieds de rayon, depuis le centre jusqu'à la circonférence sur laquelle sont placées les dents. Les fentes qui doivent être à double membrures, posées l'une sur l'autre, ont 9 pouces d'épaisseur & autant de largeur. Les dents qui sont au nombre de 101, ont 16 pouces de longueur, 4 de saillie, & 12 de racine, 3 pouces 6 lignes de largeur, $1\frac{1}{2}$ d'épaisseur au sommet, & $2\frac{1}{2}$ par le bas à caufe du talon; la racine a $2\frac{1}{2}$ pouces d'épaisseur en quarré par le haut réduit à $1\frac{1}{2}$ pouce par le bas. Quant à l'arbre tournant, son diamètre est de 18 pouces.

*FIG. 5.
& 6.*

991. Pour que le cheval en tournant puisse passer commodément sous l'arbre LK de la lanterne, il faut que le sommet des dents du rouet, soit élevé de 5 pieds & demi au-dessus du rez-de-chaussée. Le limont 2, 3, doit avoir 14 pieds de longueur, depuis le centre du rouet, jusqu'à l'endroit où est attaché le palonnier; & pour que le cheval puisse se mouvoir commodément, il faut que les trois côtés EF, FG, EH soient éloignés de 18 pieds du centre du rouet, au lieu que dans la figure cet intervalle n'est que de 15 pieds, faute que l'on a faite en construisant le bâtiment.

Dimensions

992. Les fuseaux de la lanterne sont au nombre de 20, leur diamètre

mètre de 2 pouces 6 lignes, & la circonférence qui répond à leur axe a 34 pouces de diamètre, & celui des tourteaux 44; ils sont ^{des parties de la lan-} faits de madrier de 5 pouces d'épaisseur, & l'arbre qui sert d'essieu ^{terne.} à la lanterne & aux Ellipses, doit avoir 16 pouces de diamètre.

993. Les Ellipses sont éloignées de 6 pouces l'une de l'autre, & composées de madriers de 7 pouces d'épaisseur, leur canal est de 4 pouces de largeur, sur $1\frac{1}{2}$ de profondeur; ainsi elles ont deux rebords dont la saillie ne fait point partie de la longueur des axes, qui doivent être mesurés du fond du canal, dans lequel il regne une bande ou frette de fer servant à lier les madriers. Le grand axe de ces Ellipses doit être de 5 pieds, & le petit de 3; ainsi la moitié de la différence de ces deux axes est de 12 pouces, qui est le chemin que les roulettes font en montant & en descendant. (988)

994. La longueur des balanciers prise depuis le centre des roulettes jusqu'au point de suspension des pistons, doit être de 25 ^{Dimensions des balanciers.} pieds, sur 5 à 9 pouces d'équarrissage posés de can; & leur centre de mouvement élevé de 9 pieds 6 pouces au-dessus du rez-de-chaussée, afin que chaque balancier se trouve dans une situation horizontale, lorsque sa roulette répond aux extrémités du grand axe de l'Ellipse.

Les roulettes qui sont de bois doivent avoir un pied de diamètre sur 3 pouces d'épaisseur, fortifiées par un cercle de cuivre.

995. Le centre de mouvement des balanciers doit être éloigné ^{Les bras du balancier doivent être dans la raison réciproque du chemin des roulettes & de la levée des pistons.} de 15 pieds de celui des roulettes, afin que la partie qui répond aux pistons se trouvant les deux tiers de l'autre, les levées des pistons soient de 8 pouces, c'est-à-dire, les deux tiers du chemin des roulettes.

996. Les corps de pompes ont intérieurement $2\frac{1}{2}$ pouces de diamètre sur 12 de hauteur. (fig. 7 & 8.) Leur figure extérieure est composée de quatre faces, chacune de 3 pouces 2 lignes de largeur; ils sont unis par le bas à un culot 18 percé de trous, afin que l'eau qu'aspirent les pistons, n'entraîne point d'ordure, & entre ce culot & le corps de pompe, se trouve prise la languette d'une soupape à coquille développée par les figures 11, 12, 13, 14 & 15, auxquelles je ne m'arrête point, ayant été suffisamment expliquées dans l'art. 961. l'on fera seulement attention que les nombres qui accompagnent ces figures, ne servent qu'à faire voir la correspondance des parties semblables. ^{Détail des corps de pompe tels qu'ils sont exécutés au Val-Saint-Pierre.}

997. Dans l'une des faces du corps de pompe, l'on voit (fig. 8.) l'orifice 19 qui répond à la branche représentée dans la figure 7, observant que chacune de ces branches, qui n'ont gueres intérieure-

146. ARCHITECTURE HYDRAULIQUE, LIVRE III.

ment qu'un pouce de diametre, comprend une soupape dans la partie 20, 21, semblable à la précédente, placée entre les brides 21 & 22 pour retenir l'eau du tuyau montant, dans le tems que le piston aspire.

Les pistons (fig. 9 & 10) sont des cylindres de fonte, ayant une queue 27 de même métal, attachée à une double fourche 29, qui embrasse aussi la tige 28, qui n'est autre chose qu'un bout de solive de 4 pouces d'équarrissage, & d'une hauteur proportionnée à la situation de la source. Le corps de ces pistons est composé de deux parties, l'une 30, 31, a 8 pouces de hauteur sur 2 pouces 5 lignes de diametre, & l'autre 32, 33, 4 pouces de hauteur sur 15 lignes de diametre; à son extrémité est une vis 36 qui s'ajuste dans une écroue 34, 35, servant à retenir & à resserrer un nombre de rondelles de cuivre 27, 28, comme dans l'article 957.

998. Quant à l'action du piston, l'on sent bien que lorsqu'il aspire, le poids de l'atmosphère, qui agit ici en plein, force l'eau d'entrer dans les corps de pompe, en ouvrant la soupape qui est dans le fond, & qu'au moment qu'il refoule, cette soupape se refermant, l'eau passe dans la branche, leve la seconde soupape, & monte dans le tuyau de conduite.

Ces pompes ne sont point à immerger, ayant le dévers commun à toutes celles de cette espèce.

999. Les branches des corps de pompe n'ayant gueres qu'un pouce de diametre, tandis que celui des pistons est de 2 $\frac{1}{2}$ (996, 997), l'on voit que l'eau est contrainte de passer dans un tuyau, dont la grosseur n'est que la sixième partie de celle du piston, & que les soupapes qui répondent au tuyau montant, étant à coquille, le cheval qui fait agir la Machine, employe une partie de sa force à surmonter les obstacles que l'eau rencontre en son chemin, qui est le même cas que dans l'art. 987, & auquel je ne m'arrête point présentement, parce que l'on trouvera dans le Chapitre cinquième la maniere de l'éviter.

Maniere de calculer le produit de cette Machine.

1000. Pour calculer le produit de cette machine, on sçaura que le cheval qui la meut, fait deux tours par minute, par conséquent 130 par heure, & qu'à chaque tour, il parcourt 14 toises 4 pieds: ainsi sa vitesse est de 1760 toises par heure, qui approche fort de celle qu'on a coutume de lui attribuer.

Le rouet ayant 101 dents (990) & la lanterne 20 fuseaux (992), elle fera 5 $\frac{1}{10}$ tours contre le rouet un; & comme ce dernier en fait 120 par heure, il suit que la lanterne en fera 606 dans le même tems; & comme chaque piston refoule deux fois à chaque tour que fait la lanterne, (988) les trois feront donc ensemble 3636 relevées en une heure.

Les pistons ayant $2\frac{1}{2}$ pouces de diametre ; & 8 pouces de levée, (995) chacun en refoulant une fois, fera passer dans le tuyau de conduite une colonne d'eau de $39\frac{1}{2}$ pouces cubes, qui étant multiplié par 3636, donne 142843 pouces cubes, ou un peu plus de 10 muids, pour la quantité d'eau que la machine fournit par heure, à une hauteur de 150 pieds, sur quoi l'on remarquera que le même cheval travaille ordinairement quatre heures le matin & autant l'après-midi. Ayant fait mettre à sec le reservoir, & fait agir la machine pendant quatre heures, j'ai mesuré l'eau qui s'y étoit rendue, pour voir si le produit étoit conforme à mon calcul, j'ai trouvé qu'il s'y étoit rendu 324 pieds cubes d'eau, ou 40 muids & demi.

1001. Lorsque l'on voudra construire cette machine pour élever l'eau au-dessus ou au-dessous de 150 pieds, il faudra diminuer le cercle des pistons, à proportion qu'on voudra élever l'eau à une plus grande hauteur ; autrement si on leur donnoit le même diametre qu'au Val-Saint-Pierre, il pourroit arriver que la force d'un cheval ne suffiroit pas pour faire agir la machine. Si au contraire on veut élever l'eau à une hauteur moindre, il faudra augmenter le cercle des pistons à proportion, autrement le cheval ayant toujours à peu près une vitesse de 1800 toises par heure, ne fera pas monter une quantité d'eau proportionnée à sa force moyenne. Pour déterminer la grosseur des corps de pompe dans l'un ou l'autre de ces cas, relativement à l'effet actuel de cette machine ; voici une regle générale que je donne, principalement pour la satisfaction de ceux qui n'ont qu'une médiocre connoissance des Mathématiques.

Le diametre des pistons étant de 2 pouces 6 lignes, (996) son quarré sera de 6 pouces & un quart, qui étant multiplié par 150 pieds, donne $937\frac{1}{2}$ qu'on peut prendre pour le poids de la colonne d'eau que chaque piston refoule ; mais comme le diametre des mêmes pistons pourroit être un peu plus grand, si les pompes de cette machine n'avoient point les défauts que nous y avons remarqué, (999) le produit précèdent seroit aussi plus grand ; c'est pourquoi en les supposant parfaites, on pourra prendre 1000 pour l'expression de la colonne d'eau, au lieu de $937\frac{1}{2}$, encore sera-t-elle au-dessous de ce qu'elle pourroit être.

1002. Lorsqu'on voudra construire la machine du Val-Saint-Pierre, en suivant exactement les dimensions que nous avons données au rouet, à la lanterne, aux Ellipses & aux balanciers ; il faudra, pour trouver la diametre des trois corps de pompe, diviser le nombre 100 par la quantité de pieds qui exprime la hau-

La superficie du cercle des pistons doit être proportionnée à la hauteur où on veut élever l'eau.

Regle pour déterminer le diametre des pistons de cette machine, re-

Manière de calculer le produit de cette Machine, relativement à la grosseur des corps de pompe.

teur où l'on veut l'élever l'eau ; extraire la racine quarrée du quotient, elle donnera le diametre que l'on cherche : par exemple, si l'on vouloit élever l'eau à 60 pieds, il faudra diviser 1000 par 60 ; le quotient donnera $16\frac{2}{3}$ pour le quarré du diametre, dont la racine est de 4 pouces 1 ligne.

1003. Pour sçavoir la quantité d'eau que les nouvelles pompes founiroient par heure, en supposant toujours leurs pistons de 8 pouces de levée, on dira si $6\frac{2}{3}$, quarré du diametre des pistons du Val-Saint-Pierre, donne 10 muids d'eau pour le produit de la machine par heure, combien donnera $16\frac{2}{3}$ quarré du diametre des nouveaux pistons pour leur produit, il viendra $26\frac{2}{3}$ muids.

S'il arrivoit que le terrain ne permit pas de placer les corps de pompe dans l'eau comme au Val-Saint-Pierre, on pourra les situer au-dessus à la hauteur qu'on jugera la plus convenable, en y faisant des tuyaux d'aspiration, pour pouvoir élever l'eau d'un ruisseau ou d'une riviere ; alors on observera de diviser le nombre 1008, non par la hauteur du reservoir, au-dessus de l'endroit où seront placées les pompes, mais bien par la hauteur qui marquera l'élevation de ce reservoir au-dessus du niveau des plus basses eaux.

Lorsque les pistons refoulent de bas en haut plutôt que de haut en bas, il faut que les roulettes soient posées au-dessous des Ellipses.

1004. Si l'on avoit quelque raison pour faire des pompes, dont les pistons refoulent de bas en haut plutôt que de haut en bas, on pourra encore se servir des Ellipses pour donner le mouvement aux balanciers, en faisant enforte qu'elles prennent les roulettes en dessus, au lieu de les prendre en dessous. En ce cas il faudra que le cheval tourne d'un sens opposé à celui où nous l'avons considéré, & que le rouet, l'essieu de la lanterne, & les balanciers soient placés à une hauteur convenable, pour qu'il ne rencontre point d'obstacles en son chemin ; c'est à quoi il convient de penser sérieusement avant que d'assembler les pieces de la machine.

De toutes les machines qui sont venues à ma connoissance ; je n'en ai point rencontré de plus difficile à calculer que celle que je viens de décrire, parce qu'on ne peut parvenir à déterminer le rapport de la puissance au poids, qu'avec le secours d'une théorie fort subtile, qui ne pouvant être entendue que de peu de personnes, je me contenterai d'en déduire quelques regles de pratique, dont on trouvera l'origine dans les recherches que j'ai faites, au sujet des Ellipses qui tourent sur leur centre, pour élever un poids, que je donne dans un discours séparé, m'ayant paru digne de la curiosité des Sçavans.

Le bras de levier qui se rend à

1005. Pour peu qu'on y fasse attention, l'on verra que lorsqu'une Ellipse en tournant sur son centre, éleve un poids, le bras

de levier qui répond à ce poids, varie sans cesse, c'est-à-dire, qu'il passe du plus petit au plus grand, & ensuite du plus grand au plus petit (1018) Or il faut être prévenu que le plus grand se trouve égal à la différence des deux demi-axes de l'Ellipse, (1024) & que c'est celui qui doit entrer dans le calcul de la machine, lorsqu'elle est mue par un animal, dont la force étant sensée limitée, ne doit point être inférieure à la plus grande résistance que le poids peut opposer, au lieu que quand elle est mue par un courant, l'on peut prendre un bras de levier moyen, selon ce qui a été dit au sujet de la manivelle simple (109); par conséquent le bras de levier, qui doit suivre immédiatement le rayon de la lanterne, est ici de 12 pouces. (993)

L'action des Ellipses varie sans cesse, il faut faire le calcul sur le plus grand, qui se trouve égal à la différence des deux demi-axes.

1006. Comme l'Ellipse en tournant pousse la roulette selon une direction oblique, qui est cause que l'action du poids est composée de celle de sa pesanteur propre, & de la résistance horizontale, qui naît de la part de l'essieu des balanciers. (1018) L'on sçaura que la pesanteur absolue du poids que l'Ellipse doit surmonter, est à sa plus grande résistance, comme le produit de ces deux axes est à la différence des carrés des mêmes axes, c'est-à-dire (993) comme 5×3 est à $5 \times 5 - 3 \times 3$, ou comme 15 est à 16. (1026)

Il y a un instant où les Ellipses éprouvent en tournant une résistance plus grande que celle qui naît de la pesanteur absolue du poids.

1007. Pour bien entendre ce que je cherche à insinuer, il faut s'imaginer que la résistance qu'oppose la roulette d'un balancier, tient lieu d'un poids posé sur un plan incliné, retenu par une direction parallèle à sa base; alors selon l'art. 83, la puissance qui voudroit élever le poids en poussant le plan, sera à ce poids comme la hauteur du plan est à sa base. Or si la hauteur du plan étoit exprimée par 16, & sa base par 15, la puissance le seroit par les $\frac{16}{15}$ du poids; & voilà le cas où l'on peut considérer l'Ellipse, quand elle agit par son plus grand bras de levier, (1005) & que le poids lui résiste le plus; ainsi nommant x , la résistance qu'opposeroit chaque piston, si la roulette de son balancier étoit poussée de bas en haut, selon une direction verticale, l'on aura $\frac{16}{15} x$, pour celle que l'Ellipse doit surmonter, lorsqu'elle agira par un bras de levier de 12 pouces.

L'action des Ellipses est dans le même cas qu'un plan incliné qu'on insroduit sous un corps pour l'élever.

1008. Si l'on avoit trois Ellipses, dont les grands axes fussent parallèles, qu'ils fissent agir en même tems trois pistons de même diamètre, la résistance que la puissance motrice éprouveroit, à l'instant où les Ellipses agiroient par leurs plus grands bras de levier, seroit triple de celle qui répond à une seule; mais comme les trois Ellipses de notre machine sont disposées de façon, que tandis que la première agit par son plus grand bras de levier, celui de la seconde qui répond au piston, qui refoule en même tems, n'est

Estimation de la plus grande résistance que peuvent opposer les pistons de cette Machine.

que la moitié du plus grand; l'on voit que cette puissance ne soutient alors que *la moitié de la résistance des trois pistons précédens*; par conséquent l'on aura $\frac{1}{2} \times \frac{1}{17} x$, ou $\frac{1}{34} x$ pour l'expression du poids que la machine doit mouvoir.

L'on peut dans le calcul des machines, dans le mouvement se communiquer par de grands bras de levier, négliger l'estimation du frottement des pivots & des tourillons.

Calcul de la machine du Val-Saint-Pierre, pour connoître le poids de la colonne d'eau que chaque piston refoulera.

1009. Avant que de commencer le calcul de la Machine, je ferai observer que les frottemens du pivot du rouet, des tourillons de la lanterne, & de l'essieu des balanciers, étant peu de chose, nous les regarderons comme nuls, pour rendre les opérations plus simples; ainsi nous n'aurons égard qu'à celui qui naît de la rencontre des dents du rouet & des fuseaux de la lanterne, c'est pourquoi nous multiplierons 180 lb, force moyenne d'un cheval (124) par $\frac{1}{17}$ selon l'article 291, dont le produit donne 170 lb pour la puissance réduite.

1010. Comme entre la puissance & le poids il y a six bras de leviers qui sont, le limon de 14 pieds (991) ou de 168 pouces; le rayon du rouet de 6 pieds (990) ou de 72 pouces; le rayon de la lanterne de 17 pouces; (992) le plus grand bras de levier de l'Elipse de 12 pouces; (1005) celui qui vient de la partie du balancier répondant à la roulette, que nous exprimerons par le nombre 3, & le dernier qui répond au piston, qui pourra être exprimé par 2, puisqu'il n'est que les deux tiers du précédent: (995) multipliant de suite ceux qui répondent au poids, & ceux qui répondent à la puissance, selon l'article 74, l'on aura dans l'état d'équilibre, $170 \text{ lb} \times \frac{1}{2} x :: 72 \times 12 \times 2, 168 \times 17 \times 3$, d'où l'on tire $2765 \times x = 1456560$, ou $x = \frac{1456560}{2765} = 526 \text{ lb}$, dont le résultat montre que chaque piston pourra refouler une colonne d'eau du poids de 526 lb.

Méthode de connoître le diamètre des pistons, en supposant les pompes parfaites.

1011. Pour connoître le diamètre des pistons, il faut réduire en pouce la colonne précédente, en disant. Si 70 lb, pesanteur d'un pied cube d'eau, donne 1728 pouces, combien donneront 526 lb, l'on trouvera 12984 pouces cubes, pour la masse de cette colonne, qu'il faut diviser par la hauteur de la même colonne, que nous avons dit être de 150 pieds, ou de 1800 pouces, il viendra environ $7 \frac{1}{2}$ pouces quarrés pour la superficie du cercle du piston, dont on aura le diamètre, en extrayant la racine quarrée de $\frac{1}{11} \times 7 \frac{1}{2} = 9 \frac{6}{11}$, qu'on trouvera de 3 pouces & environ une ligne; qui montre que la machine du Val-Saint-Pierre ne remplit point tout l'effet qu'on pourroit en attendre, par la mauvaise construction des pompes, qui sont cause, comme je l'ai déjà remarqué (999) que la force du cheval n'est point totalement employée à surmonter le poids de l'eau.

1012. Pour en juger, il faut se rappeler (996) que les pistons de cette machine n'ayant que 2 pouces 6 lignes de diamètre, leur carré sera de $6\frac{1}{2}$ pouces; & comme ils pourroient être de $9\frac{6}{17}$, l'on connoîtra l'effet de ce dernier, en disant : Si $6\frac{1}{2}$ donne 10 muids par heure, combien donneront $9\frac{6}{17}$, on trouvera 15 muids $\frac{1}{7}$ pour le produit dont cette machine seroit capable, si elle étoit rectifiée.

1013. Nous avons dit (1006) que la résistance absolue de la roulette d'un des balanciers, étoit à sa plus grande résistance relative, comme le produit des deux axes d'une Ellipse, étoit à la différence des carrés des mêmes axes; par conséquent si cette différence étoit égale au produit des axes, l'Ellipse en tournant n'auroit jamais à surmonter une résistance au-dessus de celle que la roulette peut opposer naturellement, & il suffiroit dans le calcul de la machine, de n'avoir simplement égard qu'au plus grand bras de levier relatif à l'Ellipse; (1005) il doit donc y avoir un rapport déterminé entre ces deux axes, pour que la résistance du poids n'excede jamais sa pesanteur propre.

1014. Pour découvrir ce rapport nous, supposons que le grand axe AB étant donné, il s'agit de trouver le petit CD, en sorte que l'on ait $AE \times ED = AE^2 - ED^2$. Ayant nommé AE, a ; ED, x ; l'on aura $ax = aa - xx$, ou $xx + ax = aa$, qui étant réduit, donne $x = \sqrt{aa + \frac{aa}{4}} - \frac{a}{2}$, dont voici la construction.

Il faut sur l'extrémité A du grand axe AB, élever la perpendiculaire AF, égale à la moitié du demi axe AE, tirer la ligne EF, d'où ayant retranché FH égale à AF, la différence EH, (x) donnera le demi-axe ED que l'on demande, comme il est aisé de s'en convaincre.

1015. Si l'on fait EG égal à EH ou à ED, le demi-axe AE se trouvera divisé en moyenne & extrême raison au point G; car EG étant x , GA sera $a - x$; & comme par propriété de cette ellipse l'on a $ax = aa - xx$, ou en transportant $xx = aa - ax$, d'où l'on tire $a(AE), x(EG) :: x(EG), a - x(GA)$; l'on voit que pour avoir une Ellipse, dont le produit des deux axes soit égal à la différence des carrés des mêmes axes, il faut que le petit axe soit égal à la médiane du grand, divisé en moyenne & extrême raison.

1016. Si l'on vouloit que les Ellipses de la machine du Val-Saint-Pierre fussent dans le cas de la précédente, il faudroit en donnant encore 5 pieds ou 60 pouces au grand axe, en donner

Quint
cette Ma-
chine sera
rectifiée, la
force
moyenne d'un
cheval

pourra éle-
ver quinze
muids d'eau
par heure,
à 150 pieds
de hauteur.

L'on peut
déterminer
les axes des
ellipses, de
manière
qu'elles
n'auroient ja-
mais à sur-
monter une
résistance
au-dessus de
la pesanteur
absolue du
poids.
Calcul pour
déterminer
les axes des
Ellipses.

PLAN. 5-
FIG. 12

Pour que
les Ellipses
soient par-
faites, il
faut que
leur petit
axe soit égal
à la médiane
du grand,
divisé en
moyenne &
extrême
raison.

La gran-
deur que
nous avons

*donnée aux
axes des el-
lipfes, ap-
proche fort
du point de
perfection.*

37 au petit, au lieu de 36 ; alors la différence des demi-axes, par conséquent le plus grand bras de levier & le chemin de la roulette se trouveroient de 11 pouces 6 lignes ; car si dans l'équation

$$x = \sqrt{aa + \frac{aa}{4}} - \frac{a}{2}, \text{ l'on suppose } a \text{ de 30 pouces, } x \text{ en vaudra}$$

18 $\frac{1}{2}$, qui est une différence de 6 lignes, à laquelle nous n'avons point eu égard pour rendre les dimensions plus simples, autrement si le chemin de la roulette ne se trouvoit que de 11 $\frac{1}{2}$ pouces, tandis que le jeu des pistons seroit de 8, il faudroit que les bras du balancier fussent dans le rapport de 23 à 16, au lieu qu'ils sont dans celui de 3 à 2 ; (995) j'ajouterai qu'indépendamment de cette considération, il étoit à propos de monter la maniere de calculer l'action des Ellipfes, quel que puisse être le rapport de leur diamètre.

*Le chemin
de la roulette
dans
donné, ou
la différen-
ce de deux
axes, déter-
miner la
grandeur
des axes
dans le cas
le plus par-
fait.*

1017. Si la différence des axes, ou le chemin de la roulette que nous nommerons b , étoit donnée, & que l'on veut connoître la grandeur des mêmes axes, pour que l'Ellipse soit dans le cas le plus avantageux. Nommant x , la moitié du petit axe, l'on aura $b+x$ pour celle du grand, par conséquent $b+x, x :: b, b$, d'où l'on tire $bb = xx - bx$, qui étant réduit donne $\sqrt{bb + \frac{bb}{4}} + \frac{b}{4} = x$.

Voulant appliquer cette équation à un exemple, nous supposons que l'on veut déterminer les axes des ellipfes du Val-Saint-Pierre, de maniere que le chemin de la roulette soit de 12 pouces ; alors on aura $bb + \frac{bb}{4} = 180$, dont la racine quarrée est de 13

pouces 5 lignes, à laquelle ajoutant 6 valeur de $\frac{b}{2}$, il vient 19 pouces 5 lignes pour la moitié du petit axe, & 31 pou. 5 lig. pour celle du grand. Que si l'on suit ces dimensions, la fraction $\frac{1}{17}$ devenant nulle dans le calcul de la machine, l'on aura $\frac{1}{2}x$, au lieu de $\frac{7}{9}x$; (1008) & si l'on donne encore trois pouces au diamètre des pistons, la puissance sera environ d'un douzième plus forte que le poids, & ce surcroit de force servira à surmonter la résistance que peut opposer la pesanteur relative des balanciers que soutiennent les Ellipfes, & que nous n'avons point fait entrer dans le calcul de la machine, l'ayant regardée comme un trop petit objet ; j'ajouterai seulement que le poids de cette partie des balanciers, joint à l'avantage qu'elle tire de sa longueur, doit être tellement ménagé que les roulettes n'abandonnent jamais les Ellipfes, afin que l'aspiration des pistons se fasse naturellement.

Recherches

Recherches sur une Ellipse, qui tournant sur son centre, élève un poids.

1018. Ayant une Ellipse BCIS nûe verticalement autour de son centre A, par l'action d'une puissance Q, appliquée à un bras de levier constant AT pour élever un poids P, représenté par le cercle DM, dont le centre D est supposé se maintenir dans la verticale AD, & soutenu par une puissance, dont la direction DZ ne sort jamais de l'horizontale, on demande une expression de la puissance Q dans toutes les situations de l'Ellipse, particulièrement dans celle où cette puissance aura à soutenir la plus grande résistance que le poids lui peut opposer.

Examen des lignes qui peuvent exprimer la direction du poids & le bras de levier qui a rapport à l'Ellipse.

PLAN. 5.

FIG. 13.

Supposant que le point M soit celui où le poids P touche l'Ellipse, tirant la ligne DMG, elle marquera la direction de l'effort que l'Ellipse soutient au point M; que si du même point on abaisse sur la verticale DA, la perpendiculaire MO, prenant DO pour exprimer la pesanteur absolue du poids P, le rayon DM (que nous nommerons R) exprimera l'effort que l'Ellipse soutient; & si du centre A, l'on abaisse la ligne AF perpendiculaire sur DC, elle sera le bras du levier relatif à cet effort; ainsi dans l'état d'équilibre, l'on aura Q, R :: AF, AT; il s'agit donc de trouver l'expression de AF & celle de la force R.

Ayant mené du point M l'ordonnée MP au grand axe AB de l'Ellipse, & formé le triangle différentiel MmR qui servira pour avoir l'expression de ME & de EP; nous nommerons AB, a; AC, b; DM, r; DF, f; AF, z; AP, x; PM, y; MR, dy; RM, dx; & Mm, du.

1019. La propriété de l'Ellipse donnant $yy = bb - \frac{b}{a}xx$, ou y
 $= \frac{b}{a} \sqrt{aa - xx}$, l'on aura $dy = -\frac{bx dx}{a\sqrt{aa - xx}}$, & $du = \sqrt{dx^2 + dy^2}$
 $= \frac{dx \sqrt{a^4 - a^2xx + b^2xx}}{a\sqrt{aa - xx}} = \frac{dx \sqrt{a^4 - c^2xx}}{a\sqrt{aa - xx}}$ en supposant $aa - bb = cc$.

1020. L'on tire des triangles semblables MRm, MPE, Rm(dx),
 $MR \left(\frac{bx dx}{a\sqrt{aa - xx}} \right) :: MP \left(\frac{b}{a} \sqrt{aa - xx} \right)$, EP = $\frac{bbx}{aa}$, d'autre part
 $Rm(dx)$, Mm $\left(\frac{dx \sqrt{a^4 - c^2xx}}{a\sqrt{aa - xx}} \right) :: MP \left(\frac{b}{a} \sqrt{aa - xx} \right)$, ME $\left(\frac{b}{aa} \sqrt{a^4 - c^2xx} \right)$; ainsi AP - EP = AE $\left(\frac{aa - bb}{aa} = \frac{cc}{aa} \right)$.

Analogie pour trouver l'expression des b mêmes lignes.
 PLAN. 5.
 FIG. 13.

1021. L'on tire encore des triangles semblables MPE, AFE,
 $E M \left(\frac{b\sqrt{a^4 - c^2 x x}}{a} \right), MP \left(\frac{b\sqrt{a^4 - c^2 x x}}{a} \right) :: AE \frac{c x}{a}, AF (z) =$
 $= \frac{c x \sqrt{a^4 - c^2 x x}}{a \sqrt{a^4 - c^2 x x}}, \& EM \left(\frac{b\sqrt{a^4 - c^2 x x}}{a} \right), EP \left(\frac{b b x}{a} \right) :: AE \left(\frac{c x}{a} \right), EF$
 $= \frac{b c x x}{a a / a^4 - c^2 x x};$ ainsi l'on aura $DF = DM (r) + ME$
 $\left(\frac{b\sqrt{a^4 - c^2 x x}}{a} \right) + EF \left(\frac{b c x x}{a a \sqrt{a^4 - c^2 x x}} \right) = r + \frac{a b}{\sqrt{a^4 - c^2 x x}}.$ Cela posé,
 on tire du triang. rectang. DFA l'équation suivante, $AD(\sqrt{z z + f f})$
 $= \frac{\sqrt{a a r r \times a^4 - c^2 x x + 1 a^4 b r \sqrt{a^4 - c^2 x x} + a^4 b b + c^2 x x a a - x x}}{a \sqrt{a^4 - c^2 x x}},$

qui annonce que la valeur de Q sera si composée qu'on n'en pourra rien faire, comme on en va juger après que nous aurons trouvé l'expression de R.

1022. Considérez que l'on a $DF (f), DA(\sqrt{z z + f f}) :: DO;$
 $DM :: P, R = P \times \frac{\sqrt{z z + f f}}{f}, \& \text{qu'on peut encore trouver une}$
 valeur de Q par cette nouvelle proportion $AT (b), AF (z)$
 $:: R, Q = \frac{R z}{b} = P \times \frac{z \sqrt{z z + f f}}{b f},$ d'où l'on tire $Q = P$
 $\times \frac{c x \sqrt{a^4 - c^2 x x} \times \sqrt{a a r r \times a^4 - c^2 x x + 1 a^4 b r \sqrt{a^4 - c^2 x x} + a^4 b b + c^2 x x a a - x x}}{a b \sqrt{a^4 - c^2 x x} \times a r \sqrt{a^4 - c^2 x x} + a^4 b}$

On ne peut
 parvenir à
 une expres-
 sion simple
 de la puis-
 sance & du
 bras de le-
 vier qui ré-
 pond au
 poids que
 par une su-
 position qui
 peut être
 admise pour
 la pratique.

PLAN. f.
 FIG. 14.

1023. Quoique nous ayons réduit la valeur de la puissance Q à la plus simple expression, elle est encore si composée qu'il ne me paroît pas possible de la déterminer dans le cas où elle a le plus grand effort à soutenir, à cause des difficultés insurmontables que fournit la longueur du calcul. Ayant tenté plusieurs voyes différentes, qui ne m'ont pas mieux réussi que la précédente, j'ai pris le parti de supposer que le point d'attouchement M du poids & de l'Ellipse, étoit toujours dans la verticale AD. Cette supposition est si peu éloignée de ce qui arrive en effet dans l'usage qu'on peut faire de ces sortes d'Ellipses, que tout ce qu'on en déduira pour la pratique, pourra être regardé comme vrai. Ainsi ne considérant plus que la figure quatorzième, nous prendrons la ligne MG perpendiculaire à la tangente MN, pour la direction selon laquelle le poids P résiste à l'Ellipse, par conséquent la perpendiculaire AF. sera le bras de levier relatif à cet effort. (1018)

1024. Si l'on se rappelle qu'on a trouvé (1021) $AF = \frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-cx^2}}$, prenant la différentielle de cette expression pour en chercher le *maximum*, l'on aura $\frac{aa-xx\sqrt{a^4-cx^2}-ccx^2}{\sqrt{aa-xx}}$ +

$\frac{ccx\sqrt{aa-xx}dx}{\sqrt{a^4-cx^2}} = 0$, d'où l'on tire $x^4 - \frac{2a^4}{cc}xx + \frac{a^4}{cc} = 0$, par

conséquent $xx = \frac{a^4}{cc} + \frac{\sqrt{a^4 - \frac{a^6}{cc}}}{\frac{a^4}{cc}}$ ou $xx = \frac{a^4}{cc} + \frac{a^3}{cc}\sqrt{aa-cc}$;

& comme l'on a $aa-bb=cc$ (1019), d'où l'on tire $aa-cc=bb$, par conséquent $\sqrt{aa-cc} = b$, il viendra $xx = \frac{a^4+a^3b}{cc}$; mais

comme dans le choix des signes + & -, on reconnoît aisément qu'il faut se déterminer pour -, l'on aura donc $x = \frac{a}{c} \times \sqrt{aa-ab}$,

qui étant substitué dans $\frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-cx^2}}$, expression de AF, donne AF

$$= \frac{cc}{a} \times \frac{c\sqrt{aa-ab}\sqrt{aa-\frac{a^2}{c^2}\sqrt{aa-ab}}}{\sqrt{a^4-a^4+ab}}, \text{ ou } AF = \frac{\sqrt{aa-ab} \times \sqrt{ab-ab}}{\sqrt{ab}} \text{ ou } AF$$

$$= \frac{aa-ab \times a-bb}{ab} = aa-2ab+bb, \text{ dont la racine donne } AF = a$$

- b, qui montre que la plus grande valeur que peut avoir AF, est égale à la différence des demi-axes AB & AC.

1025. Pour connoître la plus grande résistance que le poids P peut opposer au mouvement de l'Ellipse, nous supposons que la tangente MN représente un plan incliné MLN, poussé en avant, selon une direction horizontale LM, par une puissance, qui a pour objet d'élever le poids P. En suivant cette idée, la pesanteur absolue du poids sera à la puissance, comme la base ML du plan, est à sa hauteur LN, ou comme MF est à FA, parce que les angles NML, AMF sont égaux, ou comme le sinus total est à la tangente de l'angle AMF; ainsi lorsque la tangente de cet angle sera la plus grande qu'il est possible, le poids opposera à l'Ellipse la plus grande résistance.

Nommant r le sinus total, & t la tangente de l'angle AMF; l'on aura (1026) $MF \left(\frac{aab}{\sqrt{a^4-cx^2}} \right), AF \left(\frac{ccx\sqrt{aa-xx}}{a\sqrt{a^4-cx^2}} \right) :: r, t =$

$$\frac{ccr}{a^3b} x \sqrt{aa-xx}, \text{ prenant donc la différentielle de } \frac{ccr}{a^3b} x \sqrt{aa-xx}$$

Vij

Le résultat du calcul est de faire voir que le plus grand bras de levier qui répond à l'ellipse, est égal à la différence de ces deux axes.

pour l'égalier à zero, l'on trouvera que le plus grand, donne $x = \frac{\sqrt{aa}}{2}$, qui montre que lorsque AP a cette dernière valeur, le poids oppose à l'Ellipse la plus grande résistance qu'il est possible.

A quise
réduira
poids de la
pesanteur
relative du
poids.

1026. Si l'on substitue la valeur de x dans $t = \frac{ccr}{ab} x \sqrt{aa - xx}$, il viendra $t = \frac{ccr}{ab}$ ou $\frac{r}{c} = \frac{ab}{cc}$, qui montre que la pesanteur absolue du poids est à la plus grande résistance qu'il peut opposer au mouvement, du plan incliné ou de l'Ellipse, comme le rectangle compris sous les deux axes, est à la différence des quarrés des mêmes axes.

Maniere de
discriminer
le plus
grand angle
formé par
une tangente
& un dia-
mètre de
l'Ellipse.

1027. L'angle obtus AMN étant composé de l'angle droit FMN, & de l'angle aigu AMF, l'on sent bien que lorsque ce dernier sera le plus grand de tous ceux qui peuvent être compris par le diamètre AM, & la ligne MF, perpendiculaire au point d'atouchement de la tangente; l'angle obtus AMN sera le plus grand de tous ceux qui peuvent être formés par la tangente & le diamètre; & c'est ce qui arrivera lorsque le sinus total sera à la tangente de l'angle aigu AMF, comme le rectangle des deux axes est à la différence des quarrés des mêmes axes.

Lorsque
l'angle d'un
diamètre &
d'une tan-
gente est le
plus grand,
les coupées
correspon-
dantes sont
dans la mê-
me raison
que les axes

1028. Si l'on substitue aussi la valeur de x qui est $\frac{\sqrt{aa}}{2}$ (1025) dans MP (y) = $\frac{b}{a} \sqrt{aa - xx}$, il viendra MP (y) = $\frac{\sqrt{bb}}{2}$, par conséquent l'on aura AP, PM :: a, b, qui montre que lorsque l'angle AMN est le plus grand, les triangles CAB, APM sont semblables.

PLAN. 5.
FIG. 14.

Supposant que la ligne AK soit horizontale, & que du point P l'on abaisse la perpendiculaire BH, les triangles BAH, CAB seront semblables, puisqu'ils le sont tous deux au troisième AMP, d'où l'on tire AH, BH :: PM, AP :: b, a; par conséquent b, a :: AH, HB, qui montre que quand l'Ellipse soutient la plus grande résistance que le poids peut lui opposer, le petit axe est au grand, comme le sinus total AP est à la tangente HB de l'angle BAH, que le grand axe de l'Ellipse fait avec l'horizon.

1029. Nommant T, la tangente de l'angle BAH; & r, le sinus total, l'on aura r, t :: b, a, par conséquent $T = \frac{ar}{b}$; & comme

nous avons trouvé dans l'article 1026, $t = \frac{ccr}{ab}$ pour la tangente de

l'angle AMF, l'on aura donc T, t :: $\frac{ar}{b}$, $\frac{ccr}{ab}$ ou T, t :: $\frac{aar}{ab}$, $\frac{ccr}{ab}$

:: aa, cc, qui fait voir que quand l'Ellipse éprouve la plus grande résistance du poids, la tangente de l'angle que le grand axe fait avec l'horison, est à l'angle que la tangente de l'Ellipse forme, comme le carré du grand axe est à la différence du même carré à celui du petit.

Je ne m'arrête point à rapporter plusieurs autres conséquences au sujet des Ellipses qui tournent sur leur centre, parce qu'elles se présentent d'elles-mêmes; mais je ne passerai pas sous silence la solution d'un problème qui pourroit embarrasser des commençans s'ils le considéroient détaché de la liaison qu'il a avec ce qui précède.

1030. L'on demande de trouver dans la circonférence d'une Ellipse un point M, sur lequel ayant abaissé une perpendiculaire MG, qui forme un angle droit MFA, avec une autre ligne AF, tirée du centre A de l'Ellipse, le produit de MF par AF soit le plus grand de tous ceux qui peuvent être formés par deux lignes tirées avec les mêmes conditions.

Problème
nouveau sur
l'Ellipse de-
dant des cal-
culs précé-
dents.

$$\text{Ayant trouvé (1021) } MF = \frac{aab}{\sqrt{a^4 - ccx}} \quad \& \quad AF = \frac{ccx}{a}$$

$$\times \frac{\sqrt{aa - xx}}{\sqrt{a^4 - ccxx}}, \text{ l'on aura } \frac{aab}{\sqrt{a^4 - ccxx}} \times \frac{ccx}{a} \frac{\sqrt{aa - xx}}{\sqrt{a^4 - ccxx}} = \frac{abccx\sqrt{aa - xx}}{a^2\sqrt{a^4 - ccxx}} \quad \text{PLAN. 5.} \quad \text{FIG. 14.}$$

dont la différencielle donne toute réduction faite $\frac{a^4}{aa - cc} = xx$,

ou $\frac{aa}{aa + bb} = x$. Que si l'on substitue la valeur de xx, dans y

$$= \frac{b}{a} \sqrt{aa - xx}, \text{ l'on trouvera } \frac{bb}{\sqrt{aa + bb}} = y, \text{ qui donne } AP(xx),$$

PM(y) :: aa, bb, lorsque le produit de MF par AF est le plus grand.

Tirant la ligne CI, & abaissant du centre A sur cette ligne la perpendiculaire AV, l'on aura à cause du triangle rectangle CAI

$$\text{cette proportion, } CI(\sqrt{aa + bb}), AI(a) :: AI(a), IV = \frac{aa}{\sqrt{aa + bb}}$$

$$= x; \text{ d'autre part } CI(\sqrt{aa + bb}), CA(b) :: CA(b), CV$$

$$= \frac{bb}{\sqrt{aa + bb}} = y, \text{ qui montre que quand le rectangle de MF par FA}$$

est le plus grand, l'on a CI = AP + PM, & que pour avoir le point M, il suffit de faire AP égal au segment VI, qui répond à la moitié de la grand axe dans le triangle rectangle CAL.

*Maniere fort simple de faire mouvoir des pistons par le
moyen d'une roue onnée.*

PLAN. 7.

FIG. 1.

*Discours de
M. de la
Hire, tiré de
son traité
des Epicy-
cloïdes.*

Entre les différens moyens de faire agir des pompes refoulantes par la force d'un cheval, je n'en connois point de plus simple, que celui que M. Defargues a tiré d'une roue qu'il a fait exécuter au château de Beaulieu à huit lieues de Paris, & qui a été renouvelée depuis par M. de la Hire, qui en donne la description dans son traité des épicycloïdes, avec le moyen de la perfectionner. Comme ce qu'en dit cet Auteur m'a fait naître plusieurs remarques utiles, j'ai cru devoir rapporter ici son discours à la lettre, afin que ceux qui n'ont point ce traité, puissent voir les endroits qui ont donné lieu à mes réflexions.

« LMOI est une grande roue faite de grosses pieces de bois
« assemblées les unes avec les autres, laquelle est posée horizon-
« talement. L'axe ou l'arbre AB de cette roue est une grosse piece
« de bois qui se meut par le bas sur son pivot P sur une crapaudine,
« étant seulement entretenu par le haut dans une moïse, afin qu'il
« demeure toujours à plomb. Cette roue est dentée ou onnée par
« le bord à la maniere des roues de rencontre des horloges ordi-
« naires; & il n'y a que cinq dents comme OI qui agissent en
« passant par dessus la roulette R S qui est mobile sur son aissieu C.
« Cet aissieu tient au bras DC qui est aussi mobile autour de son
« aissieu D, lequel est arrêté ferme à quelq'assemblage. Le bras
« DC est joint & attaché à la portion de cercle DEF, en sorte
« qu'ils ne peuvent se mouvoir l'un sans l'autre. Sur l'épaisseur de
« l'arc EF, il y a une double chaîne plate HG attachée vers le
« haut en E, & cette chaîne a deux anneaux à son extrémité, qui
« soutiennent l'anse de fer qui porte le piston d'une pompe resou-
« lante. Le levier ou bras N de cette machine passe dans l'arbre
« en B, & peut être arrêté si l'on veut à la roue pour être plus fer-
« me. Il y a deux roulettes comme celle que je viens de décrire,
« qui sont opposées diametralement sous la roue, & qui doivent
« toujours agir alternativement. Car par la disposition des roulet-
« tes, lorsque l'une se trouve dans le fond ou creux de l'onde,
« l'autre se trouvera sur le haut. Mais la roue tournant de O en I,
« la roulette descendra dans la rencontre de la partie OQ de
« l'onde, & elle remontera dans l'autre. On ne doit considérer
« que la partie OQ de l'onde, car il n'y a que celle-là qui tra-

• vaille pour faire abaïſſer la roulette qui élève le piſton de la
 • pompe reſoulante, & qui ſoutient tout le poids de l'eau. La rou-
 • lette remontant dans l'autre partie de l'onde, ne fait aucun effort
 • contre la roue, & elle ſuit ſeulement la ſinuoſité de la dent, n'é-
 • tant élevée que par la peſanteur du piſton & de ſon anſe, & du
 • triangle DEF qui retombe en bas par leur propre poids, qu'on
 • peut rendre à peu près égal à celui de la roulette.

• Tout l'effort de la roue ne ſe fait que par ſa peſanteur, en
 • forte que ſi elle eſt auſſi peſante que le poids de la colonne d'eau
 • qu'on doit ſoutenir dans le corps de pompe, la diſtance des le-
 • viers étant compenſée, il eſt évident qu'elle ne ſera pas un frotte-
 • ment conſidérable ſur ſon pivot P. Mais il faut qu'elle ſoit tou-
 • jours plus peſante, & qu'elle ne puiſſe pas ſortir de ſa crapau-
 • dine, car autrement elle travailleroit ſur les deux roulettes tout
 • à la fois, ce qu'il faut éviter.

• Le nombre des dents de cette roue doit être impair, afin
 • qu'il y ait toujours une des deux roulettes oppoſées qui travaille,
 • & que la puiſſance qui meut le levier N, agiſſe toujours égale-
 • ment, & non par ſauts, comme il arrive à la plûpart des machi-
 • nes qui n'ont qu'une ou deux roues. C'eſt en ceci que conſiſte
 • la principale adreſſe de la conſtruction des dents, & de la po-
 • ſition des roulettes : car quoique l'on ſuive toujours la règle dans
 • la forme des dents, il faut avoir égard aux proportions de la
 • hauteur & de la longueur des dents, avec le diamètre de la
 • roue.

• On doit remarquer qu'il n'eſt poſſible que la face des
 • dents ou des ondes de la roue travaille par tout ſur la roulette
 • à égales diſtances de l'axe de cette roue, à cauſe que le mou-
 • vement de la roue eſt circulaire & horizontal, & que celui de la
 • roulette eſt vertical ou à plomb : car il arrive que lorsque les
 • dents rencontrent la roulette dans leur fond & à leur pointe, ſi
 • l'aiſſieu de la roulette eſt également éloigné de l'axe de la roue,
 • il en ſera plus proche quand la roulette ſera vers la moitié de ſa
 • deſcente, ce qui ſera facile à connoître dans le plan ; cette diſ-
 • férence d'éloignement cauſera un peu de frottement de la face
 • de la dent avec celle de la roulette : mais ce ſont de ces défauts
 • qu'il n'eſt pas poſſible d'éviter entièrement dans les machines,
 • & l'on doit regarder celles qui en ont moins ou de moins con-
 • ſidérables pour les plus parfaites.

• Pour la conſtruction des dents de la grande roue de cette ma-
 • chine, on les doit conſidérer comme ſi elles étoient dans le mê-

» me plan que celui de la roulette, & quand on en aura déterminé la figure, on l'appliquera sur la roue à l'endroit où la rouelette la rencontre, en se servant d'un profil ou calibre taillé de la figure de la dent.

PLAN. 7.

» Ayant donc déterminé le centre D du mouvement du bras DC de la roulette RS, & la grandeur DC de ce bras, du centre D & pour rayon DC on décrira le cercle CE, auquel on mènra la ligne touchante ABC en C. Sur la ligne BA pour base & pour cercle générateur CE, on décrira la cycloïde CVV, & par tous ces points VV comme centres on décrira les cercles N égaux à celui de la roulette; je dis que la ligne courbe SNN qui touche tous ces cercles, sera celle de la figure de l'onde.

FIG. 2.

» Si l'on imagine que la ligne droite BA se meut de B vers A sur elle même avec la cycloïde CVV qui lui est attachée, il est évident que chaque point B de la ligne BA fera autant de chemin que le point C en fera autour du centre D, étant mû par la cycloïde VV. Car si le point C de la ligne BA est transporté en T par l'espace CT, la cycloïde CV sera placée en TE, & le point C sera parvenu en E sur l'arc de cercle CE: mais par la génération de la cycloïde, l'arc CE est égal en longueur à la ligne droite CT, donc deux puissances égales dont l'une fait mouvoir la ligne CT sur elle-même, & l'autre fait mouvoir le point C autour du centre D, seront par tout équilibre; car on doit considérer la ligne droite BA comme la circonférence d'un cercle dont le centre est à l'infini.

FIG. 2.3.

» Mais maintenant, si au lieu du point C du rayon CD on applique la roulette circulaire RS qui a son centre en C; il est évident par la construction de la courbe SNN qu'elle fera le même effet sur le centre C de la roulette en rencontrant sa circonférence, que si la cycloïde CVV rencontroit seulement ce point C: car le centre C étant posé en E, le point N de la courbe SNN sera posé en n, en sorte que E n sera la plus courte distance du point E à la courbe.

» Dans la construction des dents de cette machine, on ne se sert pas de toute la courbe SNN, formée sur la cycloïde entière, mais seulement d'une partie & de celle qu'on voudra; car autrement il faudroit que les ondes fussent trop grandes. On peut donc prendre par exemple la partie du milieu NX de toute la courbe SNXF qui est formée sur la demi-cycloïde CV. Ainsi le fond de l'onde sera formé par le cercle de la roulette dans la position

• sition NZP, & sa pointe sera au point X. On pourra donner
 • à peu près la même figure à la partie de l'onde qui remonte &
 • ne travaille pas, afin que la roulette puisse rouler plus douce-
 • ment en remontant dans le fond.

• On doit remarquer que lorsque la roulette sera parvenue à
 • l'extrémité X de l'onde, le centre M de la roulette n'est pas
 • le plus éloigné qu'il peut être du point X, c'est-à-dire que la li-
 • gne MX n'est pas perpendiculaire à BC : mais comme le point
 • X décrit une ligne parallèle à BC, il travaillera seul sur la cir-
 • conférence de la roulette, jusqu'à ce que le point M soit par-
 • venu dans la ligne MX perpendiculaire à BC; le centre M de la
 • roulette décrira donc dans cet endroit un petit arc de cercle
 • égal à celui de la roulette, & il arrivera que le point X de l'onde
 • s'éloignera un peu dans la suite du travail, ce qui n'arriveroit
 • pas, si l'on se servoit de toute la courbe NXF; car l'onde ne
 • seroit pas une pointe à son extrémité F comme au point X, à
 • cause que la touchante de la courbe en F est parallèle à BC &
 • que la touchante en X est inclinée à cette même ligne BC. Il est
 • évident que le travail du point X seul durera d'autant plus de tems
 • que la roulette sera plus grande; car l'arc que le point M dé-
 • crira, sera plus grand pour amener ce point M dans la ligne
 • tirée par X perpendiculaire à BC, que si le rayon de la rou-
 • lette étoit plus petit; il y a encore une incommodité dans la
 • grande roulette, car elle sera de plus grands balancemens d'un
 • côté & d'autre sous l'onde, à cause qu'elle se meut sur deux points,
 • dont l'un est son pivot, & l'autre est celui du bras & de la por-
 • tion de cercle qui porte la chaîne, ce qui ne seroit pas si consi-
 • dérable dans une petite roulette. Mais si la roulette étoit fort pe-
 • tite, il faudroit prendre une plus grande portion de la courbe
 • NN pour former l'onde, afin d'avoir toujours la même éle-
 • vation dans le piston de la pompe.

• Il est facile à voir que la chaîne qui est attachée à la portion de
 • cercle sert à faire élever le piston toujours à plomb, ce qui est
 • d'un très-bon usage dans ces sortes de pompes : car autrement,
 • si l'autre qui porte le piston étoit seulement attachée à un levier
 • mobile autour d'un aissieu comme D dans cette machine, il
 • arriveroit que le piston seroit tiré tantôt d'un côté, & tantôt de
 • l'autre, & froteroit inégalement dans le corps de pompe en tra-
 • vaillant, ce qui la gêneroit en très-peu de tems, comme je l'ai
 • remarqué en quelques rencontres.

M. de la Hire ne s'expliquant point sur la manière de calculer

*Remarque
sur le d.*

Tome II.

X

entre pre-
sident.

cette machine ; l'on ne comprend pas ce qu'il a voulu insinuer en disant : *Tout l'effort de la roue ne se fait que par sa pesanteur, en sorte que si elle est aussi pesante que le poids de la colonne d'eau qu'on doit soutenir dans le corps de pompe, la distance des leviers étant compassée, il est évident qu'elle ne fera pas un frottement considérable sur son pivot P : mais il faut qu'elle soit toujours plus pesante, & qu'elle ne puisse pas sortir de sa crapaudine, car autrement elle travaillerait sur les deux roulettes toutes à la fois, ce qu'il faut éviter.*

Il semble que cet Auteur veut donner à entendre que le poids de la roue étant en équilibre avec celui de la colonne d'eau, la puissance n'a d'autre résistance à surmonter, que celle qui provient du frottement qu'il a raison d'estimer peu considérable, vu l'extrême petitesse du rayon du pivot de l'arbre, par rapport à la longueur du limon BN, qui est ce que l'on doit entendre par la *compassation des leviers*.

Cette machine pourroit passer à juste titre pour une merveille, si effectivement la puissance ne soutenoit aucune partie du poids de l'eau, & qu'elle n'eût à surmonter que le frottement ; mais c'est ce qui n'arrive point ici, & ce qui ne se rencontrera jamais dans aucunes machines.

Examen sur
la manière
dont agit la
puissance
qui fait
monter un
poids par le
moyen de la
roue précé-
dente.

PLAN. 7.

FIG. 7.

On jugera de l'effet des ondes, en considérant qu'elles ont deux actions ; l'une qui vient de la pesanteur propre de la roue, se fait selon une direction verticale, & l'autre qui vient de la puissance : qui la meut, se fait selon une direction horizontale. D'où il résulte une force composée qui fait monter l'eau.

Pour me faire entendre, considérez le levier coudé EDC ayant un poids P suspendu à l'extrémité E de l'arc EF, & une roulette SR à l'autre extrémité C ; il est constant que si la ligne horizontale BD exprime la face d'une poutre inébranlable, qu'en introduisant le coin OAQ entre la poutre & la roulette RS, pour le faire glisser de Ben D, par l'action d'une puissance T, ce coin forcera la roulette de descendre, & le poids P de monter. Alors, dans l'état d'équilibre, les trois côtés du triangle rectangle OAQ exprimeront l'action de trois puissances ; le premier AO, l'effort de la puissance T ; le second AQ, l'action de la roulette SR contre la poutre BD, qui tient lieu du poids de la roue dont nous parlons ; & le côté OQ l'effort que soutient le plan incliné, ou celui qui résulte du concours de la puissance T & de la résistance de la poutre. Comme il n'y a que la puissance T qui peut obliger la roulette à descendre, & le poids P à monter, l'on voit que cette puissance fera : à l'action du poids P, ou à la résistance que la roulette peut oppo-

fer au plan incliné, comme la hauteur AO de ce plan, est à sa base AQ, ou comme la tangente de l'angle AQO que le plan incliné OQ forme avec l'horison BD, est au sinus total : que par conséquent cette puissance ne peut être nulle, que dans le cas où le poids restant immobile, la roulette appuyera immédiatement contre la poutre BD.

Ce que nous venons de dire, s'applique soi-même à l'action de la roue, dont nous parlons, car chaque onde peut être regardée comme un plan incliné, ou si l'on veut, à cause de sa courbe, comme composée de plusieurs plans inclinés contigus, sur chacun desquels on pourra faire le même raisonnement ; mais comme ces plans sont tous des angles différens avec l'horison, il suit que la puissance n'agira point d'une manière uniforme, & qu'elle sera tantôt plus petite ou plus grande que le poids, selon que les tangentes des mêmes angles seront au-dessus ou au-dessous du sinus total, comme nous le démontrerons plus bas.

M. de la Hire a raison d'observer qu'il faut que la roue soit toujours plus pesante que la colonne d'eau qu'on veut élever, pour que cette roue ne sorte point de sa crapaudine, mais on n'entend pas encore ce qu'il veut dire, en ajoutant que si cela arrivoit, elle *agiroit sur deux roulettes toutes à la fois* ; c'est-à-dire, que les deux pistons refouleroient l'eau en même tems, mais c'est ce qui ne peut se rencontrer, à cause de la figure de la roue ; il y aura toujours le vuide d'une des ondes diametralement opposé à la saillie d'une autre onde ; & les essieux des deux balanciers étant maintenus inébranlables à une distance l'un de l'autre à peu près égale au diamètre de la roue, il n'est pas possible que les roulettes descendent toutes deux en même tems, quelque accident qu'il survienne à la roue ; d'ailleurs, si le pivot cessoit d'être enfoncé dans la crapaudine, l'arbre tomberoit de côté, & la roue ne pourroit plus agir sur les roulettes ; en un mot, la machine ne seroit plus capable d'aucun effet.

Quant à l'application que M. de la Hire fait de la cycloïde pour déterminer la courbure des ondes, afin que le chemin de la circonférence de la roue soit égal à celui de l'essieu de la roulette, ce moyen seroit bien imaginé, pour égaliser les deux puissances dont il parle, si elles étoient toujours les mêmes, mais elles sont bien éloignées d'être uniformes, comme on le va voir.

L'on sçait qu'une tangente EF, menée à une cycloïde AEC, est toujours parallèle à la corde AD de l'arc du cercle générateur, égal à l'ordonnée correspondante DE, que par conséquent l'an-

l'application de la cycloïde pour perfectionner la roue de M. Desargues ne convient nullement.

FIG. 3.
& 4.

Xij

gle DEF augmente à mesure que le point E approche de C, car à cet endroit la tangente CG forme avec la base BC, un angle droit BCG, au lieu qu'au point A, cet angle devient zero. Comme par la génération de la courbe SNN, toute perpendiculaire à la cycloïde CVV, le sera aussi à la courbe SNN; il suit que les tangentes de cette courbe & de la cycloïde, qui répondront aux mêmes perpendiculaires, seront parallèles, que par conséquent les plans inclinés contigus dont la surface de chaque onde sera composée, formeront avec l'horison des angles qui iront en décroissant depuis T jusqu'en E; celui qui est à la naissance de l'onde, étant droit, le dernier au sommet de la même onde se réduira à zero; mais ayant dit que lorsque la résistance de la roulette sera exprimée par le sinus total, la tangente de l'angle du plan incliné exprimera la puissance; l'on voit que lorsque le plan incliné formera un angle droit avec l'horison, la tangente étant alors infinie, la puissance sera aussi infinie, & qu'au contraire, lorsque cet angle deviendra zero, la puissance se trouvera nulle, parce que le poids dans cet instant sera autrement soutenu par celui de la roue.

Voilà les deux cas extrêmes de la puissance, lorsque le centre de la roulette se trouve aux points C & V, extrémités de la cycloïde, c'est-à-dire au fond & au sommet de l'onde; il est vrai que comme M. de la Hire n'emploie qu'une partie XN, de la courbe FT, le fond de l'onde se trouvant exprimé par l'arc de cercle NZP, la résistance que la roulette présente au point N de l'onde n'est pas invincible, mais elle sera toujours beaucoup au-dessus de la pesanteur propre du poids, avec lequel la puissance n'est en équilibre que lorsque le centre de la roulette se trouve à un certain point de la cycloïde CV, éloigné de la base BC, d'une distance égale au rayon du cercle générateur.

Comme l'uniformité de la puissance, sur-tout quand cette puissance est un animal, doit faire une des principales considérations de la perfection des machines, l'on peut conclure de tout ce que nous venons de dire, que M. de la Hire, bien-loin d'avoir rectifié la roue de M. Desargues, en y appliquant la cycloïde, l'a rendue plus défectueuse que s'il avoit donné aux ondes la simple figure d'un plan incliné ordinaire, un peu arrondi vers les extrémités, pour faciliter à la roulette le passage d'un plan à l'autre, parce qu'alors la puissance agiroit avec autant d'uniformité qu'on en peut désirer dans la pratique, comme on en va juger par l'usage que je vais faire de cette roue, pour mouvoir des piliers dans un cas pareil à celui du Val-Saint-Pierre.

1032. La figure cinquième représente une roue dans le goût de la précédente, avec cette seule différence, que les faces AB & CD de chaque onde, sont supposées droites, n'étant arrondies qu'au sommet BC, & dans le fond DE. A l'égard des roulettes F, leurs écharpes sont attachées à des balanciers d'une longueur proportionnée à l'intervalle qui conviendra entre la roue & les pompes, pour la commodité de la manœuvre. Selon la disposition de cette roue il faudra se servir de pompes renversées, les pistons ne pouvant refouler que de bas en haut; je n'entre point dans le détail de ces pompes, persuadé que ceux qui auront bien entendu le Chapitre troisième, joint aux lumières qu'ils tireront du cinquième, seront en état de les faire construire, relativement à la situation du terrain. Cependant si l'on aimoit mieux que les pistons refoulassent de haut en bas, il suffira, comme le montre la figure sixième, de faire agir la roue d'un sens opposé au précédent, je lui donneroïis même la préférence pour éviter la sujétion de régler sa pesanteur sur celle de la colonne d'eau. Quand les roulettes reposent naturellement sur la roue, on a la liberté de faire la partie du balancier qui leur répond aussi longue que l'on veut, sans se mettre en peine de son poids, au lieu que dans la figure cinquième, il faut nécessairement que le poids des pistons l'emporte, pour que les roulettes n'abandonnent jamais la roue; dans ce cas, si le bras de levier des pistons est plus court que celui des roulettes, on ne peut se dispenser de charger l'extrémité du premier, pour suppléer au poids des pistons, ce qui occasionne des attiraux étrangers qu'il faut tâcher d'éviter. On pensera peut-être qu'il n'y a qu'à faire ce bras plus long que celui des roulettes, & que si l'on perd de ce côté-là, on en sera dédomagé par une plus grande levée de piston; mais ne pouvant jouir de cet avantage, sans diminuer leur cercle, à proportion qu'on raccourcira le bras de levier des roulettes, on n'en aura pas une plus grande quantité d'eau, & l'on tombera dans l'inconvénient que voici.

Le centre de chaque roulette décrivant un arc en montant le long d'un plan incliné, plus cet arc sera sensible, & plus il y aura d'inégalité dans l'action de la puissance, au lieu qu'il seroit à souhaiter que la direction du bras de levier de la roulette fut toujours horizontale; mais tout ce qu'on peut de mieux, est de faire qu'il ne s'en écarte que le moins qu'il est possible; ce qui dépend nécessairement de deux choses, l'une de la hauteur du plan incliné, par rapport à sa base; l'autre du rayon de l'arc que décrit le centre de la roulette, parce que plus ce rayon sera grand, & la

Deux manières de se servir de la même roue pour faire mouvoir des pistons.

PLAN. 7.

FIG. 5.
& 6.

saillie des ondes petite, & moins cet arc s'éloignera de la verticale qui en sera la tangente. Il est vrai que quand la longueur des balanciers sera limitée, & que les pistons refouleront de haut en bas, si leur bras de levier n'est pas d'une certaine longueur, leurs tiges tomberont dans le défaut que nous voulons sauver aux roulettes; mais il est aisé d'y remédier, en observant ce que nous avons dit sur ce sujet vers la fin de l'article 957. Au reste, voici le parti le plus convenable.

Après qu'on aura déterminé la position des poteaux C, D, de manière que le cheval en tournant n'en soit point incommodé, l'on connoitra la longueur qu'on pourra donner à la partie EF des balanciers, & l'on fera l'autre égale aux deux tiers de celle-ci, ensuite on reglera la hauteur des poteaux, de manière que lorsque la roulette I sera parvenue au sommet K d'une onde, son balancier GH soit horizontal; alors quand la roulette L se trouvera dans le fond N, de l'onde opposée, l'angle MLF formé par la verticale ML, & la ligne LF, qui joint les centres de mouvement de la roulette & du balancier EF, sera un peu plus ouvert qu'un droit, ce qui sera cause que la direction LF de la puissance qui est censée soutenir le poids L sur un plan incliné, ne se trouvant point horizontale, il s'en faudra un peu qu'elle ne soit au poids, comme la hauteur du plan est à sa base. Il est vrai que cette puissance croîtra tant soit peu à mesure que le poids montera; mais comme elle parviendra à peine à avoir avec lui le rapport précédent, l'on pourra faire le calcul de la machine sur ce pied-là, sans être obligé d'entrer dans les recherches abstraites, où jetteroit l'angle MLF, s'il étoit aigu.

*Manière de
tracer les
ondes de
cette roue,
pour qu'elles
soient
d'un bon u-
sage.*

A l'égard des plans inclinés qui doivent composer les ondes; il est constant que plus leur base excédera leur hauteur, & moins les ondes trouveront de résistance de la part des roulettes; mais comme on ne peut augmenter ces bases sans donner plus d'étendue à la circonférence dont elles font partie, ou sans éloigner le poids du centre de la roue, qu'on doit regarder comme le point d'appui du levier, auquel la puissance motrice est appliquée, l'on voit que cette puissance n'y gagnera rien; cependant pour fixer un rapport, entre la base & la hauteur du plan incliné, qui puisse s'accorder avec les observations précédentes, je voudrois que l'on fit cette base double de la hauteur.

Pour tracer les ondes, nous supposons que la roulette a 8 pouces de diamètre, que sa levée doit être de 12 pouces, afin que le jeu des pistons en ait 8 comme au Val-Saint-Pierre. Cela posé,

PLAN. 7.

FIG. 9.

on décrira un triangle isocelle ABC, dont la base AC sera de 48 pouces, & la perpendiculaire BD de 13, afin qu'ayant émouffé l'angle B, la hauteur BD de l'onde qu'é ce triangle représente, soit le quart de la base AC, ensuite l'on prendra sur cette base prolongée une partie CE de 4 pouces, sur laquelle on tracera le triangle équilatéral CFE, pour décrire du point F & de l'intervalle FC, égal au rayon de la roulette, l'arc CE qui déterminera la figure qu'il faut donner au fond de chaque onde, afin que la roulette y étant logée, monte d'une hauteur égale à BD, ce qui ne manquera point d'arriver, parce que l'angle BCF étant un peu plus ouvert qu'un droit, quand cette roulette sera dans le fond de l'onde, elle ne s'appuyera pas sur le plan incliné.

La longueur AE de la base d'une onde, y compris le fond qui sert de logement à la roulette, sera donc de 52 pouces, qui étant multipliés par 5, donnent 260 pouces pour la circonférence de la roue, prise dans le milieu de l'épaisseur des jantes, qui répond à un rayon de 3 pieds 6 pouces, auquel ajoutant 4 pouces pour la moitié de l'épaisseur des jantes, le plus grand rayon de la roue sera de 3 pieds 19 pouces.

A l'égard de la construction de cette roue, il faudra la faire à double membrure, comme au rouet des Moulins (648), ensuite y attacher les plans inclinés, auxquels on donnera 8 pouces d'épaisseur, & les lier ensemble par une bande de fer d'environ 4-pouces de largeur, attachée sur le contour des ondes, pour servir de chemin à la roulette, dont l'écharpe doit avoir assez de faillie, pour que les balanciers ne touchent jamais la roue; la figure huitième représente la tête d'un balancier, pour faire voir la manière d'y appliquer la roulette.

Pour connoître le rapport de la puissance motrice, au poids que les ondes doivent élever, nous nommerons a , le rayon de la roue; b , la longueur du limon; c , la base de chaque plan incliné; d , sa hauteur; p , la puissance; & q , le poids.

Considérant pour un moment la résistance du poids, comme si elle étoit appliquée aux dents d'une roue ordinaire, l'on aura a , $b :: p, q$, d'où l'on tire $\frac{bp}{a}$ pour l'expression de la puissance qui doit faire monter le poids sur le plan incliné, selon une direction horizontale; ainsi l'on aura $c, d :: \frac{bp}{a}, q$, ou $acq = bdp$, d'où l'on tire $p, q :: ac, bd$, qui montre que la puissance est au poids que les ondes font monter, comme le produit du rayon de la roue, par la hauteur du

*Mémoire de
connoître le
rapport de
la puissance
motrice au
poids que les
roues élèvent.*

plan incliné, est au produit de la longueur du limon, par la base du même plan.

Cette machine n'ayant d'autre frottement que celui qui vient du pivot de la roue, & des eslieux des balanciers & roulettes, qu'on peut regarder comme nul, vu le peu de résistance qu'ils opposeront à la puissance, nous n'en tiendrons aucun compte dans le calcul que nous allons faire pour trouver le diamètre des pistons.

Supposant que le limon ait 14 pieds de longueur, & que la force d'un cheval estimée de 180 lb, soit totalement employée à surmonter la résistance du poids, l'on aura $a=3$ pieds, $b=14$ pieds; $c=1$ pied, $d=2$ pieds, $p=180$ lb; ainsi au lieu de ac , $bd::p$, q on aura $3 \div \times 1$, $14 \times 2 :: 180$ lb, q ; ou $1,8 :: 180$, q , qui montre que la puissance n'est que la huitième partie du poids, qui sera par conséquent de 1440 lb; or comme dans l'état d'équilibre ce poids doit être à celui de la colonne d'eau, dans le rayon réciproque des bras du balancier, ou comme 2 est à 3, la puissance motrice ne sera donc que la douzième partie du poids de la colonne que chaque piston peut refouler, ainsi cette colonne pesera 2160 lb.

Règle commode pour trouver le diamètre des pistons relatifs à la puissance motrice, & à la hauteur de la colonne d'eau.

Pour donner aux ouvriers une règle par laquelle ils puissent trouver tout d'un coup le diamètre des pistons qui doivent convenir à cette machine ou à toute autre, relativement à la force du moteur, & à l'élévation de l'eau; voici ce qu'il faut suivre.

1°. L'on commencera par connoître le poids de la colonne d'eau que chaque piston peut refouler, que l'on multipliera par 1728, nombre constant pour avoir un premier produit.

2°. L'on réduira en pouces la hauteur où on veut élever l'eau que l'on multipliera par 55, autre nombre constant pour avoir un second produit.

3°. On divisera le premier produit par le second, & l'on extraira la racine quartée du quotient qui donnera le diamètre que l'on cherche.

Par exemple, venant de trouver que la puissance pouvoit soutenir une colonne d'eau de 2160 lb; je multiplie ce poids par 1728, il vient 3732480, & supposant qu'on veuille élever l'eau à 150 pieds ou à 1800 pouces; je multiplie ce nombre par 55 pour avoir 99000; faisant la division, le quotient donnera 37 pouces carrés ou environ $\frac{1}{2}$, dont extrayant la racine il vient 6 pouces une ligne ou seulement 6 pouces pour le diamètre des pistons.

Comme on sera peut-être curieux de sçavoir sur quel principe cette

cette règle est fondée, considérez que nommant p , le poids de la colonne d'eau; & h , sa hauteur exprimée en pouces, il faudra dire si 70 lb, pesanteur d'un pied cube d'eau, donne 1728 pouces pour sa masse, combien donnera le poids p , pour la sienne, le

quatrième terme sera exprimé par $\frac{p \times 1728}{70 \text{ lb}}$ qu'il faut diviser par

h , hauteur de la colonne pour avoir la superficie de sa base, qui

sera $\frac{p \times 1728}{h \times 70 \text{ lb}}$; & cette base étant circulaire, l'on aura le carré

de son diamètre, en disant comme 11 est à 14, ainsi $\frac{p \times 1728}{h \times 70 \text{ lb}}$ est à un

quatrième terme, qui est $\frac{p \times 1728 \times 14}{h \times 11 \times 70}$; mais $\frac{14}{70}$ se réduisant à $\frac{1}{5}$, l'on

aura donc $\frac{p \times 1728}{h \times 55}$ pour le diamètre des pistons.

Voulant connoître le produit de cette machine, je considère que le cheval pourra faire aisément 120 tours par heure, & qu'à chaque tour les deux pistons ensemble refoulant dix fois, sur une levée de huit pouces, feront monter au réservoir 1200 colonnes d'eau de 6 pouces de diamètre, sur 8 pouces de hauteur qui contiennent ensemble 5500 pintes ou environ 19 muids & demi.

De quelque manière que l'on s'y prenne, je doute que l'on puisse parvenir à faire une machine qui élève avec la force moyenne d'un cheval une plus grande quantité d'eau à une hauteur de 150 pieds, ce qui vient de ce que les bras de leviers étant bien ménagés & les corps de pompes supposés sans défaut, la force du moteur est totalement employée à surmonter le poids de l'eau.

Quant à la dépense qui regarde l'exécution de cette machine, il faut convenir qu'elle ne peut être considérable, puisqu'il ne s'agit que d'une simple roue, de deux corps de pompes, des tuyaux montans, & d'un couvert pour la renfermer, aussi lui donnai-je la préférence sur celle du Val-Saint-Pierre, c'est pourquoi je me suis fait un plaisir de ne rien omettre de tout ce qui pouvoit en faciliter l'usage, persuadé que dans un grand nombre d'occasions, elle conviendra mieux que toutes celles qui ont été imaginées jusqu'ici, par la facilité de se servir de l'une ou de l'autre des roues selon la situation du terrain; par exemple, si l'on vouloit tirer de l'eau d'un puits fort profond, on le pourroit encore en se servant de pompes aspirantes répétées de 25 pieds en 25 pieds.

Les deux roulettes étant éloignées l'une de l'autre d'une distance d'environ 7 pieds, l'on pensera peut-être que c'est une sujétion sa-

cheuse d'être obligé de mettre le même intervalle entre les corps de pompes ; mais comme on peut se dispenser de placer les balanciers parallèlement , l'on pourra , quand la nécessité y contraindra , rapprocher les extrémités qui répondent aux pistons , pour n'éloigner les corps de pompes que de 2 ou 3 pieds , afin de raccorder plus aisément leur branches , à un même tuyau de conduite ; alors si les balanciers ont environ 30 pieds de longueur , les roulettes n'en chemineront pas moins aisément sur les ondes , quoique leurs directions ne soient pas tout-à-fait perpendiculaires au diamètre de la roue.

*Description & Analyse de la Machine appliquée au
Pont - Neuf, à Paris.*

La machine hydraulique que l'on nomme communément *la Samaritaine* , parce que l'on y voit jaillir une nappe d'eau , qui est accompagnée du Seigneur & de la Samaritaine , représentés en bronze , fournit de l'eau de la rivière de Seine au Louvre , au jardin des Tuilleries , & au Palais Royal. Cette machine appartient au Roy , & peut passer pour une des plus simples en ce genre. Comme le bâtiment où elle est renfermée est parfaitement bien entendu , je vais commencer par en faire une courte description , qui étant accompagnée des plans , profils & élévation , suffira pour en donner une idée assez juste.

Cet Edifice répond à la seconde arche du Pont-Neuf du côté du Nord , & au parapet qui regarde le Couchant , situation beaucoup plus convenable que du côté opposé , parce que la rivière venant du Levant , son passage se trouve rétréci par les piles du Pont , ce qui la fait gonfler , & lui donne plus de force pour faire tourner la roue qui fait agir les pompes ; cet exemple montre que quand on veut appuyer une machine contre un pont , il faut toujours la construire du côté d'Aval.

*Explication
des plans ,
profils & élé-
vations
de cette ma-
chine.*

1033. Si l'on considère la planche huitième , on y verra que la première figure exprime l'élévation du bâtiment , la roue , les corps de pompes , vus du côté du couchant , ou du Pont Royal , que la seconde figure est une élévation de la face du côté du midi , ou du Fauxbourg Saint-Germain , & que la troisième représente celle qui regarde le Pont-Neuf ; à l'égard de l'intérieur du même Edifice , FIG. 1. 2. on en pourra juger par la quatrième figure , & mieux encore après & 3. qu'on aura suivi l'explication des différens plans qui lui sont relatifs.

1034. La cinquième figure est un plan qui représente l'assemblage des différentes pieces de charpente servant de base à l'édifice. L'on a commencé par planter deux files de pieux, qui relient de chaque côté sous les *chapeaux* AB dont ils sont recouverts; sur ces chapeaux sont attachés des *hermes* CD servant aussi à enclaver deux autres files de pieux E, beaucoup plus élevés que les précédens, liés par quatre cours de *moise* FG qu'on ne peut bien distinguer que dans les trois premières figures, où l'on remarquera que ces moises sont entretenues par les *clefs* HI.

PLAN. 9.

1035. Pour rétrécir le passage de l'eau qui coule sous l'arche occupée par la machine, l'on a fait de chaque côté un coffre de charpente rempli de maçonnerie, afin que les eaux étant soutenues par les bords KLM, quand la rivière est basse, se réunissent à la rencontre de la roue Q; pour ménager le courant, on a planté deux poteaux N, servant de coulisses à une *vanne* T, que l'on manœuvre à l'aide d'un cric.

1036. A l'égard de la roue Q, son essieu repose sur deux *chèvres* P, encastrés dans deux poteaux à coulisses O, servant à les diriger, quand on veut baisser ou hausser la roue pour l'assujettir à la hauteur de l'eau.

1037. Aux extrémités de l'essieu, il y a des manivelles doubles, qui répondent à des *vannes* ou *jumelles*, servant à donner le mouvement aux pompes placées en V, où elles sont entretenues par un assemblage de quatre poteaux R, liés ensemble & accompagnés de deux autres à coulisse Z, le long desquels peut jouer le chassis qui porte les pompes, afin de pouvoir les retirer de l'eau quand il y a quelques réparations à y faire; parce que ces chassiss soutiennent des entretoises S, qui embrassent les corps de pompe, comme on peut le remarquer dans la première figure, en suivant les lettres précédentes.

Les figures 6 & 7 représentent deux planchers formant deux especes de galleries, pratiquées à la hauteur des nombres 6 & 7, marqués aux profils & élévations pour faciliter le travail qui regarde la machine.

PLAN. 10.

1038. La huitième figure exprime l'étage où sont placés les *balanciers* qui communiquent le mouvement aux pistons, les crics servant à lever & baisser la roue & la vanne, placés en A & en B du plan & du profil.

La neuvième figure exprime la distribution du logement du Gouverneur de la machine, pris au rez-de-chaussée, comme on en peut juger par le pont de bois qui y répond.

Y ij

PLAN. 10.

1039. La dixième figure, celle de l'étage qui est au-dessus ; & enfin la onzième, le grenier où les tuyaux montans des pompes aboutissent aux endroits A & B, où ils dégorgent l'eau qui est conduite par le canal CD dans la cuvette D ; & de-là à l'endroit E, d'où elle se décharge dans la coquille qui est au-dessous du cadran, représenté à l'endroit F de la planche précédente, & qui fait jouer un carrillon qui couronne agréablement cette façade.

Détail des
principales
parties qui
entrent dans
le mécanisme
de la
même Ma-
chine.

PLAN. 11.

1040. Pour entrer dans le détail des principales parties de la machine, nous commencerons par les crics développés dans les figures 12, 15 & 16, où l'on voit qu'ils sont composés d'un volant à quatre bras de levier AB, dont l'essieu est accompagné d'un pignon C (fig. 16.) s'engrainant avec une roue D, qui a aussi un pignon E répondant aux *coches* du *crie* F, ainsi on jugera aisément que le volant venant à tourner, la roue D doit aussi tourner & faire monter le crie.

La figure douzième représente deux crics, dont les *futs* sont attachés sur une *semele* Q, pour concourir au même objet ; cette *semele* repose sur le plancher S, qui est soutenu en cet endroit par des *enchevestures* R, enclavées dans les poutres T (fig. 15.)

1041. Comme les crics qui servent à lever la roue agissent de même que ceux qui lèvent la vanne, les uns & les autres étant semblablement disposés, la même explication leur deviendra commune : ainsi nous supposerons que la pièce GH, qui traverse le plancher S, représente l'*aiguille* ou *flèche* de la vanne que l'on voit percée de plusieurs trous, pour y passer les *clefs* de fer L, M, distinctement marqués dans les figures 12, 15, où l'on voit que la flèche GH est embrassée par deux *prisons* NO, qui soutiennent la première clef L, à l'aide du support P, contre lequel s'appuyent les crics F, lorsqu'ils élèvent la vanne ; alors quand ils sont parvenus à leur plus haut point, on se sert de l'autre clef M, pour arrêter la vanne sur la *semele* Q, & lorsqu'elle ne se rencontre point à une hauteur suffisante pour y rester à demeure, l'on baisse les crics, pour placer plus bas la clef L en faisant descendre les prisons, afin de recommencer la même manœuvre autant de fois qu'on le juge nécessaire.

1042. Les corps de pompe sont au nombre de quatre, partagés en deux équipages, dont chacun est représenté par les figures 17, 18, 19, qui montrent que les deux pompes V, & leur *fourche* sont entretenues par les *emretoises* S attachées par des boulons à un chaffis, dont Y, représente les *montans*, qui peuvent glisser

contre les coulisses Z, embrassées par les extrémités des entretoises; comme cela se distingue parfaitement dans la figure dix-neuvième, où l'on voit que ces entretoises sont échancrées, aux endroits B, pour laisser aux tringles C, du chassis FE, qui porte le piston D, la liberté d'agir.

PLAN. II.

1043. Ces chassis sont suspendus par des tringles de fer GF, FIG. 13. à l'une des extrémités des balanciers N, & à l'autre sont de semblables tringles GP, attachées à des rames qui répondent aux manivelles (1038), lesquelles venant à tourner, font jouer les pistons alternativement dans l'ordre que nous dirons plus bas.

Les tourillons K de ces balanciers sont portés par des *chevalets* ML, posés sur le plancher AB, fortifié en cet endroit par les *enchevêtrements* C, enclavés dans deux poutres, comme à la figure quinzisième.

L'on a dû remarquer dans la figure première (1033), que les corps de pompe étoient entièrement plongés dans la rivière, & que c'étoit afin de pouvoir les retirer quand il faut les réparer ou les descendre, lorsque la rivière est fort basse, qu'on les a attachés à un chassis qu'on leve & baisse à l'aide des cabestans qui en facilitent la manœuvre, dont on auroit pu se dispenser, en suivant la disposition représentée par les figures 20 & 21, où l'on voit que les pompes refoulantes trempent dans une *basche* EFGH, qu'on suppose élevée sur le plancher AB, représenté par la figure septième; qu'au fond de cette basche sont des pompes *aspirantes* I, renfermées avec leur tuyau dans une caisse KL, pour les garantir du choc des corps étrangers que la rivière charie quelquefois, principalement des glaces.

PLAN. 12.

1044. Pour juger des pièces qui servent à élever la roue, considérez les figures 22 & 23, où l'on remarquera d'abord la flèche S, percée par le haut comme l'aiguille de la vanne, afin de pouvoir être élevée de même par le moyen des crics: (1041) cette flèche est accompagnée de deux *tirans* de fer f, attachés avec des boulons m percés par le bas, pour y passer les clavettes n, servant à soutenir les *patins* P, qui composent le *chevet* sur lequel repose l'essieu de la roue, dont les *rais* sont figurés par la lettre p.

Explication des pièces qui servent à élever & à baisser la roue.

Ces patins sont liés ensemble par quatre boulons l, & deux autres q, dont les premiers servent d'appuis aux tirans f, pour que le chevet suive toujours la même direction, lorsqu'on fait monter ou descendre la roue, ses extrémités agissent le long de deux coulisses r, qui font partie des poteaux O.

A l'égard des pièces T, elles n'ont nul rapport avec les précédentes.

Y. iij.

PLAN. 12
FIG. 22.
& 23.

dentes; ce sont les bouts des rames (1038) qui répondent aux balanciers & à la manivelle CD, dont les coudes se trouvent embrassés par des colliers K, le rectangle AD représentant le profil de la manivelle, pris le long de la *branche*, qui détermine l'intervalle d'un coude à l'autre, comme on en peut juger par les mêmes lettres marquées aux figures 4 & 5.

1045. Le bout des manivelles qui est enfoncé dans l'arbre de la roue, où il est retenu par un boulon *hs*, sert d'essieu à un cylindre *g* de 5 pouces de rayon, dont la surface est couverte d'un nombre de lames de cuivre, arrondies comme les fuseaux d'une lanterne, retenues par les extrémités avec des *frettes*. Ce cylindre qui tient lieu de tourillon, joue sur un palier encastré dans le patin PQ seulement, l'autre qui se trouve du côté de la roue ne la touchant point, étant un peu évidé dans le milieu.

Voilà qui suffit, ce me semble, pour avoir une idée générale de cette machine; il ne reste plus pour en faciliter le calcul que de donner les mesures des parties qui doivent y entrer, afin de faire naître des exemples de la manière d'appliquer les principes aux différens cas qui se présentent.

1046. Le rayon de la roue pris jusqu'au centre d'impression des aubes, est de 8 pieds ou de 96 pouces, ce qui répond à une circonférence de $50\frac{2}{3}$ pieds.

Dimensions
des princi-
pales par-
ties de la
machine.

1047. Les aubes ont 18 pieds de longueur, sur 4 de hauteur, ce qui donne 72 pieds carrés de superficie.

1048. Le coude des manivelles est de 21 pouces.

1049. Les balanciers ont 20 pieds de longueur, partagée de façon par les tourillons, que la partie qui répond à la manivelle fait un bras de levier de 10 pieds 9 pouces, & celle qui répond aux pompes, un autre de 9 pieds 7 pouces.

1050. Le diamètre des pistons, ou celui des corps de pompe, est de 9 pouces; celui des fourches & du tuyau montans n'est que de 6.

1051. La *relevée* des pistons est de trois pieds, & refoule une colonne d'eau de 72 pieds de hauteur.

Vitesse de la
roue lorsqu'
que la ri-
vière est
dans son
état moyen.

1052. Quand la rivière est dans son état moyen, la roue fait 28 tours en 10 minutes; alors la vitesse du centre d'impression des aubes est de 2 pieds 7 pouces 6 lignes par seconde.

Le bord inférieur de la vanne trempe ordinairement de 2 ou 3 pouces dans l'eau, ce qui contribue à donner plus de vitesse à celle qui passe dessous pour venir frapper les aubes que si cette vanne étoit entièrement levée, & on a soin de baisser assez la roue, pour que les aubes ne soient point couvertes par la vanne.

1053. M'étant servi de l'instrument de M. Pitot (614) pour mesurer la vitesse de l'eau qui passoit sous la vanne, lorsque la roue faisoit 28 tours en 10 minutes, j'ai trouvé qu'elle étoit de 6 pieds & environ 2 pouces par seconde.

Vitesse de la rivière dans son état moyen.

1054. Pour faire en sorte que la puissance agisse avec le plus d'uniformité qu'il est possible, les manivelles sont disposées de façon, que si leurs coudes étoient tracés dans un même plan vertical, ils diviseroient en quatre parties égales la circonférence du cercle qu'ils décrivent; ainsi ces deux manivelles peuvent être considérées, comme n'en faisant qu'une seule à quatre coudes, tels que nous l'avons expliqué dans l'article 115; par conséquent il faudra pour avoir le bras de levier moyen, suivre ce qui a été enseigné dans l'article 116, en disant comme 7 est à 5; ainsi le coude de la manivelle de 21 pouces (1048) est au bras de levier moyen, qu'on trouvera de 27 pouces, & l'on pourra supposer dans le calcul de la machine, qu'elle n'est composée que d'un seul corps de pompe, dont le piston refoule sans interruption; alors la machine se trouvera composée de 4 bras de levier dont les longueurs étant prises de suite donnent.

Rayon de la roue 96 pouces. (1046)

Coude ou bras de levier moyen de la manivelle, 27 pouces.

(1054)

Bras du balancier qui répond à la manivelle, 129 pouces. (1049)

Bras du balancier qui répond aux pistons, 115 pouces. (1049)

1055. Si l'on se rappelle ce qui a été dit dans l'article 74, l'on verra que dans cette machine le poids sera à la puissance, comme 96 × 129 est à 27 × 115, ou à peu près comme 4 est à 1.

Calcul pour trouver la puissance qui fait agir cette Machine.

Comme le poids dont nous parlons est réduit à celui d'une colonne d'eau de 9 pouces de diamètre, (1050) sur 72 pieds de hauteur, (1051) il sera d'environ 2228 lb, dont le quart donne 557 lb pour la puissance appliquée à la roue, en faisant abstraction des frottemens, qui n'ont ici lieu qu'aux tourillons de la roue & à ceux des balanciers. Cependant l'on va voir que cette puissance est beaucoup au-dessus de celle que nous venons d'estimer, ce qui vient moins des obstacles causés par le frottement, que de la mauvaise construction des corps de pompes, qui ont 9 pouces de diamètre, tandis que celui des fourches & du tuyau montant n'est que 6 pouces, (1050) ce qui rétrécit le passage de l'eau, eu égard au cercle des pistons, dans le rapport de 4 à 9, & même dans celui de 1 à 4, à cause des soupapes qui sont à coquilles, inconvéniens dont j'ai fait sentir les conséquences dans les articles 902, 903 &

963, 964, 965, on en vait l'application d'une manière bien sensible.

1056. La vitesse du courant s'étant trouvée de 6 pieds 2 pouces par seconde, (1053) & celle de la roue de 2 pieds 7 pouces 6 lignes, lorsque j'ai fait mes observations, (1052) soustrayant cette dernière de l'autre, on trouvera 3 pieds 6 pouces 6 lignes, pour la vitesse respective du courant qui frappoit les aubes, dont le choc sur une surface d'un pied carré est de $14\frac{1}{2}$ lb, comme on en peut juger par la Table troisième rapportée dans le premier Volume, pag. 258. Multipliant $14\frac{1}{2}$ lb par 72 pieds carrés, superficie des aubes, (1047) il viendra 1056 lb pour le choc de l'eau qui agissoit sur la roue, (585) tandis qu'une puissance de 557 lb, devoit ce semble suffir pour cela; (1055) ce qui fait une différence de près de 500 lb pour surmonter les obstacles étrangers au poids.

Examen de la vitesse que devoit avoir la roue, eu égard à la puissance du poids qu'elle élevoit.

1057. Si les pompes étoient rectifiées, & qu'on suprimât les soupapes à coquilles, pour que les pistons pussent refouler l'eau sans obstacle, il n'y a point à douter que la roue ne fit plus de 28 tours en 10 minutes; (1052) car plus l'on emprunte de la force respective du courant pour surmonter la résistance qui lui est opposée, & moins la roue a de vitesse.

Pour en juger, cherchons quelle seroit la vitesse respective de la rivière, pour être capable d'une impression de 557 lb, il faut diviser 557 lb par 72 pieds, superficie des aubes, l'on trouvera $7\frac{1}{2}$ lb, pour la force respective du courant sur une surface d'un pied carré, qui répond dans la troisième Table, page 258, à une vitesse de 2 pieds 7 pouces, qui étant soustraite de 6 pieds 2 pouces, vitesse entière du courant, reste 3 pieds 7 pouces pour la vitesse de la roue par seconde, au lieu de 2 pieds 7 pouces 6 lignes; ce qui donne 2150 pieds en 10 minutes, qui étant divisé par $50\frac{1}{2}$ pieds, circonférence de la roue, (1046) vient 43 pour le nombre des tours qu'elle fera en 10 minutes; par conséquent le produit de la machine dans son état actuel, sera au produit dont elle seroit capable si elle étoit rectifiée, comme 28 est à 43.

Cette Machine ne fournis point à beaucoup près la quantité d'eau qu'elle devoit produire.

1058. Les manivelles faisant 28 tours en 10 minutes, chaque piston fera le même nombre de revelations, & les quatre ensemble 112, qui étant multipliés par 3 pieds, jeu du piston, (1051) donnent 336 pieds pour la hauteur de la colonne d'eau que les quatre pistons feront monter ensemble en 10 minutes, & cette colonne ayant pour base un cercle de 9 pouces de diamètre, (1050) son poids sera de 10395 lb, qui revient à 1039 lb d'eau par minute, ou à $37\frac{1}{2}$ pouces. (342) On peut donc dire, comme 28 est à 43, ainsi $37\frac{1}{2}$ pouces est à un quatrième terme, qu'on trouvera $56\frac{1}{2}$ pouces,

ces, pour la quantité d'eau que la machine donneroit par minute si elle étoit rectifiée, ce qui monte à une différence d'environ 57 muids par heure. (341)

1059. Cette machine ne pouvant être capable du plus grand effet, que lorsque la vitesse de la roue sera le tiers de celle du courant, (588) il ne suffiroit pas pour la rendre parfaite d'en rectifier les corps de pompe, leur laissant le même diamètre, parce qu'alors la vitesse de la roue se trouveroit de 3 pieds 7 pouces par seconde, (1057) qui est plus que la moitié de celle du courant.

Pour continuer l'application des principes, afin d'en rendre l'usage familier, cherchons quel diamètre devroient avoir les corps de pompe, en conservant toutes les autres parties de la machine dans le même état où nous les avons exposées : ce n'est pas qu'elle soit exempte de défaut, la roue se trouvant susceptible d'une correction importante, dont je ferai mention par la suite.

Lorsque la vitesse de la roue sera le tiers de celle du courant, la vitesse respective du même courant se trouvera de 4 pieds 1 pouce 4 lignes, (1053) dont le choc sur une surface d'un pied carré répond à 20 lb dans la troisième Table, qui étant multiplié par 72 pieds, superficie des aubes, (1047) donne 1440 lb pour la puissance, qu'il faut quadrupler, parce que le rapport de cette puissance au poids, a été trouvé d'un à quatre; (1055) il viendra 5760 lb pour le poids de la colonne d'eau que cette puissance pourra élever, dont la hauteur devant être de 72 pieds, (1051) il ne s'agit plus que d'avoir son diamètre. Pour cela il n'y a qu'à multiplier 55 lb, pesanteur d'un pied cylindrique d'eau, de même hauteur que celle dont nous parlons; & comme elles font l'une à l'autre dans la raison des carrés de leur diamètre, on dira, comme 3960 lb est à 5760 lb; ainsi 144 est à un quatrième terme qu'on trouvera de 209 $\frac{1}{4}$ pouces, dont la racine donne 14 $\frac{1}{2}$ pouces 5 lignes pour le diamètre des pistons.

1060. Le produit de la machine dans son état actuel, étant à celui dont elle seroit capable, si elle étoit parfaite, dans la raison composée des carrés des diamètres des pistons, & de la vitesse de la roue; dans ces deux cas, l'on aura son produit pour le dernier, en disant comme 81 pieds \times 2 pieds 7 pouces 6 lignes est à 209 \times 2 pieds 8 lignes, ou comme 213 est à 429; ainsi 37 $\frac{1}{2}$ pouces, est à un quatrième terme, qu'on trouvera de 74 pouces d'eau, qui est la quantité que la machine fournira par minutes, lorsqu'elle sera parfaite.

Comme des pistons qui auroient 14 pouces 5 lignes de dia-

Tome II.

Z

M niera de trouver le diamètre des pistons qui pourroient convenir à cette Machine si elle étoit rectifiée.

Si cette Machine étoit rectifiée elle pourroit élever le double de l'eau qu'elle fournit dans son état actuel.

metre, seroient peut-être peu commodes dans l'usage; on pourroit, au lieu de quatre corps de pompes, en faire manœuvrer 6 de 11 pouces 9 lignes de diamètre, qui produiroient ensemble la même quantité d'eau; mais je ne m'arrête point à cette considération, puisqu'il ne s'agit ici que d'examiner de quel effet cette machine auroit pu être capable, si les corps de pompe avoient été construits dans le goût de ceux que j'ai fait faire pour la machine du Pont Notre-Dame, & dont on trouvera les développemens dans le chapitre suivant.

*La roue de
St. Samari-
n est eff-
etée-dis-
soute, il
faudroit
pour la cor-
riger qu'elle
n'eût que
six aubes,
au lieu de
huit.*

1061. Nous avons supposé jusqu'ici que la roue étoit sans défaut, c'est-à-dire, que le nombre des aubes étoit proportionné à leurs largeurs & au rayon, c'est ce qui ne se rencontre point; cette roue ayant 8 aubes, au lieu que pour bien faire elle n'en devoit avoir que 7, selon l'article 675; alors quand la roue aura la même vitesse, l'action de l'eau dans le premier sera à son action dans le second, à peu près comme 3 est à 4, parce qu'à une roue de 10 pieds de rayon qui a 8 aubes de 4 pieds de largeur, lorsque chacune se trouve verticale, elle n'est choquée par le courant que sur les $\frac{1}{2}$ de sa largeur: le reste se trouvant couvert par l'aube qui la suit immédiatement; l'on voit qu'il ne faut guères compter que sur les $\frac{1}{2}$ de la puissance que nous avons dit (1056) qui agissoit actuellement pour faire monter l'eau; par conséquent le défaut de cette machine ne doit point être entièrement attribué à la mauvaise façon des pompes.

1062. Que si au lieu de 7 aubes on n'en employoit que 6 de chacune 5 pieds de largeur, il arriveroit que se trouvant verticale, & entièrement plongée dans l'eau, celle qui la suivra immédiatement ne la couvrira point, parce qu'elle se trouvera à fleur d'eau; son niveau divisera le rayon de la roue en deux également, comme il est aisé de s'en convaincre; & le courant, au lieu d'agir sur une surface de 4 pieds de largeur, comme nous l'avons supposé dans les calculs précédens, en frappera une de 5, & la puissance se trouvera augmentée d'un quart en sus, ou de 360 lb, qui est une force plus que suffisante pour surmonter le frottement dont la machine peut être susceptible, dans le cas du plus grand effet, comme on en va juger; alors elle donnera au moins 74 pouces d'eau, c'est-à-dire, le double de ce qu'elle produit actuellement, en supposant que la vitesse du courant sera toujours de 6 pieds 2 pouces par seconde. (1053)

*Calcul des
frottemens*

1063. Pour calculer le frottement de cette machine, je considérerai que la résistance qui vient de cette part, dépend de la pe-

fauteur des parties qui frottent, & de la longueur des bras de levier. Ayant cherché la solidité d'un balancier, je l'ai trouvé de 20 pieds cubes, qui étant multipliés par 60 lb, (650) donne 1200 lb, & comme les serrures qui y sont appliquées pèsent environ 560 lb, chaque balancier pe'ra donc 1760 lb.

Les triangles & le châssis de fer qui portent chaque piston, peuvent peser 500 lb, & chaque rame avec ses serrures 360 lb; ainsi les paliers qui portent les tourillons d'un balancier, se trouvent chargés de 2620 lb, rien que de la part des attirails.

Quoique le bras de levier de la puissance qui répond aux manivelles, soit un peu plus grand que celui qui répond aux poids, (1049) nous ne laisserons pas, pour la facilité du calcul, de supposer dans le milieu des balanciers, les tourillons qui servent de point d'appui; alors chaque extrémité pourra être considérée chargée d'un poids de 2228 lb, (1055) qui sont ensemble 4456 lb, qui étant ajouté au précédent, donne 7076 lb, pour la charge d'un balancier, & comme il y en a toujours deux qui manœuvrent en même tems en pleine force, doublant ce nombre, on aura 14152 lb, dont la moitié est 7076 lb, qu'il faut multiplier par un pouce, rayon des tourillons (1054), & diviser le produit par le bras d'un levier qui répond à la manivelle (1054), qui est de 129 pouces, il viendra environ 55 lb pour le frottement des tourillons réduits à la manivelle (249), qu'il faut multiplier par le coude de la même manivelle, & diviser le produit par le rayon de la roue, jusqu'au centre d'impression des aubes pour avoir $\frac{21 \text{ pous.} \times 55 \text{ lb.}}{90}$, qui donne 13 lb pour la puissance qui surmonte le frottement des balanciers.

1064. Ayant aussi estimé le poids de la charpente, & des ferrures qui composent la roue, avec celui des manivelles qui sont de fonte; j'ai trouvé que le tout ensemble pesoit 12400 lb, sur quoi il est important de remarquer que les deux colonnes d'eau que la roue fait monter sans cesse, loin de charger les paliers, les soulagent; car la résistance qu'elles opposent, agissant de haut en bas, tend à attirer les manivelles de bas en haut, & les attireroit en effet, si la roue étoit d'un poids inférieur aux mêmes colonnes. Voilà donc deux puissances qui agissent selon des directions opposées, c'est pourquoi il faut retrancher de 12400 lb, le double de 2228 lb (1055), il restera 7944 lb, pour la charge relative des paliers de la roue, dont la moitié donne 3972 lb, qui étant multiplié par 5 pouces, rayon des tourillons (1045), & le pro-

duit divisé par 96, (1046) il vient $206\frac{2}{3}$ lb, à quoi ajoutant 13 lb; que l'on a trouvé en premier lieu; l'on aura $219\frac{2}{3}$ lb, pour la puissance capable de surmonter tous les frottemens, excepté celui des pistons, auquel je n'ai point égard, pour les raisons rapportées dans l'article 227, & comme nous avons 360 lb de force destinée pour cela, on voit qu'il en reste une de $140\frac{2}{3}$ lb, qui contribuera à donner à la roue une vitesse qui sera un peu au-dessus du tiers de celle du courant; que si l'on ajoute $219\frac{2}{3}$ lb à 1440 lb, on aura $1659\frac{2}{3}$ lb pour la puissance qui surmonte le poids & le frottement.

Tous les calculs précédens, étant fondés sur des principes incontestables, il semble qu'en faisant les corps de pompes de 14 pouces 5 lignes de diamètre, la machine doit nécessairement produire 74 pouces d'eau par minute, lorsque la rivière aura 6 pieds 2 pouces de vitesse par seconde; d'autant mieux qu'après avoir eu égard à toutes les résistances que la puissance aura à surmonter, il lui restera encore $14\frac{1}{3}$ lb de force; cependant nous allons faire voir que le produit deviendrait beaucoup moindre, si l'on ne corrigeoit pas un défaut auquel les Machinistes n'ont pas coutume d'avoir égard, faute d'en connoître la conséquence.

1065. Quand nous avons calculé l'action de l'eau contre les aubes, nous avons supposé, comme on fait ordinairement, qu'elles étoient toujours frappées en plein, selon une direction perpendiculaire, mais c'est ce qui ne peut arriver que par intervalle, comme on l'a insinué dans l'article 676. Car lorsque l'angle BAI que forme les rayons AB, AI, se trouve divisé en deux également par la verticale AK, & que le niveau de l'eau passe par le point H, milieu du rayon AC, la première aube FB ne trempe dans l'eau que sur la hauteur DB, oblique au courant; or si dans cette situation l'impulsion du courant se trouve inférieure à la puissance sur laquelle on avoit compté, il arrivera que par intervalle la roue aura une vitesse moindre que celle du tiers du courant, ce qui ne pourra manquer d'en retarder l'effet, comme on en va juger.

Le triangle ABI étant équilatéral, le quarté de la perpendiculaire AK sera les $\frac{1}{4}$ de celui du côté AB, que nous supposerons divisé en mille parties égales; alors on trouvera que la perpendiculaire en contient 866, de laquelle retranchant la partie AH de 500, puisqu'elle est égale à la moitié du rayon, reste 366, pour la partie HK=DE, les triangles semblables DBE, BAK, donnant AK (866), AB (1000) :: DE (366), DB=422.

Examen des variations de la force respective d'un courant sur la roue.

Voyez sur la planche onzième la figure désignée par la lettre X.

Si l'aube FB étoit dans la situation verticale HC, le choc qu'elle recevroit, feroit à celui que peut recevoir la surface DE de même base, comme HC est à DE; on aura donc comme HC (100) est à DE (366), ainsi 1800 lb, est à un quatrième terme, qu'on trouvera de 1317: mais on a vu dans l'article 583 que l'impression d'un courant contre une surface DE, est à son impression contre une autre inclinée DB, comme DB est à DE, ou comme AB est à AK; on aura donc comme AB (100), est à AK (866), ainsi 1317 est à un quatrième terme, qu'on trouvera de 1140 lb pour l'action du courant, lorsque la roue se rencontre dans la situation la plus défavorable, au lieu de 1800 lb, qui répond à la situation opposée; que si l'on compare ces deux actions, on trouvera qu'elles peuvent être exprimées par $\frac{1}{2}$; l'on voit que le courant, pour agir sur la partie BD avec 1659 $\frac{1}{2}$ de force doit avoir une vitesse respective plus grande que les deux tiers de la vitesse totale, que par conséquent la vitesse de l'aube FB, sera moindre que le tiers de celle du courant, mais ira toujours en croissant, jusqu'à son arrivée dans la verticale AC.

1066. On peut remédier en partie à cet inconvénient, en descendant la roue, en sorte que les bords supérieurs F & G des aubes, dans le cas le plus défavorable, répondent au niveau OP de l'eau; alors on ne perdra plus que de la part de l'obliquité du courant, dont voici le déchet.

Rapport de la force du courant dans les deux cas comparés.

Nous supposons que la ligne RD exprime la vitesse respective du courant, & qu'on a abaissé RS perpendiculaire sur FB; menez FQ parallèle à AK, & ayant nommé FB ou HC, a ; FQ, b ; RD, m ; RS, n ; alors on aura mma pour la force respective du courant contre l'aube FB, quand elle se trouvera dans la situation verticale HC, & nna , quand elle sera dans la situation la plus défavorable; mais comme les triangles semblables RSD, & FQB, donnent RD (m), RS (n) :: FB (a), FQ (b), ou mm , nn :: aa , bb ; si l'on multiplie les termes de cette proportion par a , on aura mma , nna :: aaa , bba , ou mma , nna :: aa , bb ; qui montre que le choc de l'eau contre l'aube verticale, est à son impulsion contre l'aube oblique, comme le quarté de FB est au quarté de FQ; mais comme le dernier est les $\frac{1}{2}$ du précédent, il suit que le choc dans les deux cas extrêmes, sera comme 4 est à 3, par conséquent l'impression de l'eau dans le cas le plus défavorable sera de 1350 lb, qui est encore inférieure à la puissance de 1659 $\frac{1}{2}$ lb (1064).

1067. Les analogies précédentes pouvant être appliquées à

Zij;

toutes les situations que l'aube FB prendra, en décrivant l'arc BC, de 30 degrés ; l'on voit que prenant l'hypoténuse FB du triangle rectangle FBQ pour le sinus total, les quarrés de tous les sinus FQ, des angles FBK, c'est-à-dire, de tous les sinus qui sont entre 60 & 90 degrés, exprimeront les différens chocs de l'eau dans le passage de l'aube FB, du cas le plus défavorable à celui du plus grand effet.

Voyez sur la planche onzième la figure désignée par la lettre V.

Si dans le quart de cercle ABC, l'on fait la corde BD égale au rayon AC, l'arc DA fera de 30, & le triangle DBC se trouvera équilatéral ; alors le quarré de la perpendiculaire DE étant les $\frac{1}{4}$ de celui du rayon CA, tous les quarrés des sinus LI, renfermés dans le segment ADEC, pourront exprimer les différentes impressions de l'eau dans les deux cas extrêmes.

La force moyenne d'un courant qui agit sur une roue à six aubes, est égale aux onze-douzièmes de la plus grande.

1068. Comme parmi tous les quarrés dont nous parlons, il y en a un moyen, qui étant multiplié par la ligne EC, donne un produit égal à la somme de tous les autres ; il est constant que si l'impulsion que ce quarré moyen exprime, se trouve égal, ou un peu au-dessous d'une puissance de 1670 lb : cette impulsion pourra être prise pour une force moyenne, entre celles de 1350 lb & 1800 lb : Pour sçavoir ce qui en est, il faut prendre sur le prolongement de EG la ligne GF, égale à GA, pour avoir le triangle rectangle & isocèle FGA, qui donne $AK = HK = IC$, d'où

l'on tire $\overline{LC} - \overline{IC} = \overline{LI}$, ou $\overline{AC} - \overline{HK} = \overline{IC}$, ou $\overline{KI} - \overline{HK}$

$= \overline{LI}$; & comme il en sera de même à quelque point de la hauteur GA qu'on tire la ligne HI, il suit que la somme de tous les quarrés des élémens du rectangle AGEI, moins la somme de tous les quarrés des élémens du triangle AFG, est égale à la somme des quarrés des élémens du segment ADEC. Or si l'on nomme

AC ou KI, a ; EC ou GA, ou GF sera $\frac{a}{2}$, alors la somme de

tous les quarrés des élémens du rectangle AGEI, sera $aa \times \frac{a}{2}$, & celle des quarrés des élémens du triangle AFG, qui compose une pyramide, sera $\frac{a^3}{4} \times \frac{a}{6}$, dont la différence avec la précédente

se donne $\frac{a^3}{2} - \frac{a^4}{24}$, ou $\frac{11a^3}{24}$ pour la somme de tous les quarrés du

segment ADE, qui étant divisé par $\frac{a}{2}$, il vient $\frac{11aa}{12}$, qui montre que le quarré moyen est égal aux onze-douzièmes du quarré

du rayon; d'où l'on peut conclure que l'action moyenne du courant, entre les deux cas extrêmes, est égale aux onze-douzièmes de son impulsion contre l'aube verticale; ainsi multipliant 1800 lb par $\frac{11}{12}$, on trouvera 1650 lb pour la puissance moyenne qui doit mouvoir la machine dans le cas du plus grand effet; l'on peut donc conclure que la vitesse moyenne de la roue se trouvera à peu près égale au tiers de celle du courant, & par conséquent la machine produira 74 pouces d'eau.

De tout ce qui précède, j'en vais tirer plusieurs maximes qu'il ne faut point perdre de vûe, lorsqu'il s'agira de regler les proportions des parties d'une machine mise en mouvement par le courant d'une riviere.

1069. Une roue à six aubes, est préférable à celle qui en a un plus grand nombre, parce que ces aubes peuvent avoir pour hauteur jusqu'à la moitié du rayon.

1070. Il faut toujours que la roue soit plongée dans l'eau, de maniere que son niveau couvre le bord superieur des deux aubes; qui se trouvent également éloignées de la verticale, parce qu'alors dans une roue à six aubes, l'action moyenne du courant n'est inférieure à celle du plus grand effet que d'un douzième.

1071. Après avoir déterminé la longueur & la largeur des aubes, on ne doit compter que sur les onze-douzièmes de leur superficie pour regler le poids que la machine pourra élever, afin d'avoir égard aux variations de la roue.

1072. Après qu'on aura trouvé la puissance moyenne, il faut pour avoir le poids, faire entrer dans le calcul la résistance causée par le frottement, pour ne point estimer le poids plus fort qu'il ne doit être.

1073. L'estimation de la puissance ne doit se faire que sur la vitesse qu'aura le courant, dans le tems des moyennes eaux, & prendre garde si les aubes pourront alors y être plongées entierement; parce que faute de ces attentions, on seroit peut-être le cercle des pistons trop grand, & la machine seroit en danger de s'arrêter dans le tems des secheresses.

1074. Pourn'avoir rien à craindre de la diminution du courant, il faut connoître la vitesse dans le tems des basses eaux, & voir si la force absolue sera supérieure à la puissance qui doit surmonter le poids & le frottement. Si cela se rencontre, on sera sûr que la machine ne s'arrêtera pas, au lieu que si la force absolue du courant se trouvoit inférieure à la puissance, il faudroit nécessairement diminuer le poids, c'est-à-dire, les diametres des pistons.

*Maxime
qu'il faut
suivre dans
la construction
des machines
mues par un courant
pour les rendre
parfaites.*

Formules
ou règles
générales
pour déter-
miner les
principales
parties d'une
Machine
mise par un
courant.

1075. Pour réduire les calculs précédens à des règles générales, dont on puisse faire usage, indépendamment de la troisième Table, considérez que lorsqu'on a la vitesse d'un courant, la superficie des Aubes, & la puissance appliquée à une machine, on pourra toujours trouver la vitesse de la roue, par conséquent celle du poids; car nommant V la vitesse du courant; x , celle de la roue; f , la superficie d'une aube réduite; p , la puissance, l'on aura $V - x$, pour la vitesse respective du courant contre les aubes, dont le carré étant

divisé par 60, donne $\frac{V-x}{60}$, pour la hauteur de la chute capable de cette vitesse, (602) qu'il faut multiplier par 70 lb, pour avoir l'expression de la force respective du courant, contre une surface

d'un pied carré, qui sera $\frac{V-x}{60} \times 70$, ou $V - \frac{\sqrt{60} \times p}{f} = x$,

qui est une formule qui montre, que pour avoir la vitesse de la roue, il faut diviser la puissance par la superficie d'une des aubes, multiplier le quotient par $\frac{60}{7}$, extraire la racine carrée du produit, la soustraire de la vitesse du courant, & la différence donnera la vitesse de la roue.

1076. S'il s'agissoit d'une machine existante dont la vitesse de la roue seroit connue, & qu'elle se rencontrât moindre que celle qu'on aura trouvée par le calcul, la différence sera causée par le frottement de la machine, ou par le défaut de quelques pièces. Pour savoir quelle est la puissance qui surmonte les obstacles, il faudra soustraire de la vitesse du courant les deux vitesses de la roue, quarer les différences pour avoir le rapport du choc de l'eau dans ces deux cas; & si l'on en multiplie les termes par $\frac{7}{2} S$, les produits donneront les chocs réels, & leur différence la force employée pour surmonter les frottemens.

1077. Pour juger de l'effet de la machine dans les mêmes cas, nous nommerons q , le poids; u , sa vitesse, & b la vitesse que doit avoir la roue relativement au poids; alors les quantités de mouvement de la puissance & du poids, donneront dans le premier cas $V - b \times b \times f \times \frac{7}{2} = q u$, au lieu que dans le second, le premier pro-

duit étant toujours plus grand que l'autre, l'on aura $\frac{q u}{V - b \times b \times f \times \frac{7}{2}}$

pour le rapport de l'effet de la machine à celui qu'elle devoit faire.

1078. Si l'on connoissoit la vitesse de la roue, & la puissance capable de surmonter le poids & le frottement, qu'on voulut avoir la vitesse du courant que nous nommerons x , la première formule deviendra

deviendra $\overline{x} - b \times \frac{7}{8} \times f = p$; d'où l'on tire $x = \sqrt[7]{\frac{p}{7} \times \frac{8}{f}} + b$.

1079. Pour avoir aussi une formule qui puisse servir à calculer toutes les machines dans le cas du plus grand effet, considérez que nommant encore V , la vitesse du courant; u , celle du poids; S , la superficie réduite d'une des aubes; l'on aura $VV \times \frac{7}{8} \times S$ pour la puissance qui seroit en équilibre avec le poids & le frottement, (1076) qu'il faut multiplier (595) par $\frac{8}{7}$, & le produit par $\frac{V}{3}$, vitesse que doit avoir la roue; il viendra $V^3 \times S \times \frac{1}{3}$ pour la quantité de la puissance, qui devant être égale à la quantité de mouvement du poids, donne $V^3 \times \frac{1}{3} = q \times u$. Formule générale avec laquelle on pourra toujours connoître l'une des quatre grandeurs V , u , f , p , moyennant la connoissance des trois autres.

1080. Par exemple, pour avoir le poids que la machine doit élever, on aura $\frac{V^3 \times S \times \frac{1}{3}}{u} = q$, qui montre qu'il faut multiplier le cube de la vitesse du courant, par la superficie réduite d'une des aubes, pour avoir un premier produit qu'il faut multiplier par $\frac{1}{3}$, & diviser ce second produit par la vitesse que doit avoir le poids; & si du quotient l'on en retranche la résistance causée par le frottement, on aura le poids réel que la machine doit élever.

1081. Que si l'on vouloit connoître la vitesse du courant, la formule deviendra alors $V = \sqrt[3]{\frac{q \times u \times \frac{3}{1}}{S}}$, qui montre qu'il faut multiplier la quantité de mouvement du poids par $\frac{3}{1}$, & diviser le produit par la superficie réduite d'une des aubes, & extraire la racine cube du quotient.

1082. Voulant de même connoître la superficie de chaque aube réduite, on aura $f = \frac{q \times u \times \frac{3}{1}}{V^3}$, qui montre qu'il faut multiplier la quantité de mouvement du poids par $\frac{3}{1}$, & diviser le produit par le cube de la vitesse du courant.

1083. Enfin voulant avoir la vitesse du poids, on aura $\frac{V^3 \times S \times \frac{1}{3}}{u} = q$, qui montre qu'on doit multiplier le cube de la vitesse du courant par la superficie d'une des aubes réduite, pour avoir un premier produit, qu'il faut multiplier par $\frac{1}{3}$, & diviser le second produit par le poids, y compris le frottement.

L'on voit que les calculs précédens peuvent être appliqués à toutes sortes de machines mues par un courant, quel qu'en soit

la construction, sans se mettre en peine de la longueur des bras de levier.

Description des Pompes pour éteindre les Incendies.

*Ordre que
l'on observe
en Alsace &
dans les
Pays-Bas,
pour les in-
cendies.*

1084. Personne n'ignore la nécessité d'avoir dans une Ville plusieurs pompes ambulantes pour éteindre les Incendies, & de se munir de longue main de tout ce qui peut donner un prompt secours lorsque par malheur le feu prend dans quelque Quartier; autrement il est à craindre qu'il ne se consume en peu de tems un grand nombre de maisons, sur-tout quand son activité se trouve secondée d'un vent impétueux.

Il n'y a point de Pays où la Police soit mieux entendue en pareil cas que dans les Pays-bas & en Alsace. Dans chaque Ville il y a une Maison où l'on renferme plusieurs pompes, avec un grand nombre de Sceaux de cuir, d'Echelles, Crocs de fer, Cuves, &c. Il y a aussi des Sceaux répandus dans tous les différens Quartiers, principalement dans les maisons des magistrats, où ils sont accrochés aux planchers de leurs Vestibules, comme une marque d'honneur.

Lorsque le feu prend en quelqu'endroit, aussi-tôt le Gueux sonne le tocin; si c'est la nuit il expose un flambeau allumé en dehors du Beffroy, du côté où il aperçoit le feu, & si c'est pendant le jour, il se sert d'un Drapeau rouge. Dans les Villes de Guerre, au premier coup de la cloche, l'on bat la Générale, la Garnison prend les armes pour s'emparer des postes marqués par celui qui commande; l'on pose des détachemens sur toutes les avenues qui répondent à l'endroit où est le feu pour empêcher le désordre, & pour prévenir les surprises que les ennemis auroient tenté sur la Place. Pendant ce tems-là tout est en mouvement du côté de l'Hôtel de Ville, chacun ayant son emploi marqué par le Magistrat, & pour exciter l'émulation, celui de Strasbourg a établi dans chaque Quartier des Officiers, chargés de la direction des manœuvres qu'ils doivent exécuter en cas d'Incendie: celui de ces Officiers qui arrive le premier à l'endroit où il faut donner du secours est récompensé d'une certaine somme payée par la Ville, celui qui arrive le second en a une moindre, ainsi du troisième; mais celui qui n'arrive que le dernier, est obligé de payer une amende qui fait une partie de la récompense des plus diligens, à moins qu'il ne soit dans l'impuissance de se trouver à son devoir.

D'un autre côté, tous les Religieux Mendians qui sont d'un

grand secours en pareil cas, partent de leur Monastere, munis des Sceaux qu'ils ont chez eux, & de ceux qu'ils rassemblent en chemin, se rendent au lieu où est le feu, pour y donner des marques de leur zèle, en s'exposant aux plus grands dangers.

L'on place les pompes dans les endroits les plus commodes pour y lancer l'eau; & comme elles en consomment beaucoup, on prend toutes les mesures nécessaires pour qu'elles n'en puissent pas manquer. L'on fait ranger en file des deux côtés des rues qui aboutissent à l'Incendie, tous les habitans, pour se donner de main en main des sceaux pleins d'eau, ce que font les plus forts que l'on range d'un côté, tandis que les plus foibles que l'on met de l'autre, les renvoient vuides jusqu'aux endroits où l'on puise l'eau: de cette sorte les pompes se trouvant au centre de la manœuvre, il leur vient de l'eau de toute part, & comme elles sont environnées de plusieurs cuves, où l'on décharge celle qu'elles ne peuvent consommer sur le champ; il arrive qu'à quelque éloignement qu'elles soient de la riviere ou des puits, elles sont toujours bien servies.

Si malheureusement le vent vient à pousser le feu vivement, & qu'on ait lieu d'appréhender pour les maisons voisines, on abat promptement celles qui sont le plus à portée de l'Incendie, afin de lui couper le chemin. Après ce détail, voici la Description des plus belles pompes qui sont venues à ma connoissance.

1085. La planche 13 comprend les développemens d'une pompe exécutée à Strasbourg: comme elle est représentée dans tous les sens, je me contenterai d'en donner une legere explication. L'on voit qu'elle est composée d'abord d'un grand Bac monté sur quatre roues, accompagnées d'un train pour être voiturée par des Chevaux. Au fond de ce Bac sont attachés sur une platte forme deux corps de pompes D de 4 pouces de diametre, unis à une fourche E, qui va aboutir au tuyau montant H, à l'extrémité duquel est un autre tuyau I, servant à diriger l'eau, comme nous le dirons plus bas. Dans chaque corps de pompe joue un piston sur 8 ou 10 pouces de levée, répondant à des verges de fer, suspendues aux leviers ou balanciers FG, qui sont aspirer & refouler les pistons alternativement par l'action des hommes qui y sont appliqués; le Bac est partagé en deux parties par une cloison percée de trous, l'une sert à loger les corps de pompes, & l'autre à recevoir l'eau qui doit être resoulée. Je passe sous silence les soupapes qu'on suppose placées dans le fond des corps de pompe & au bas de la fourche qui leur est unie; je ne dis rien non plus de la construction des pistons qui sont massifs & entourés de ban-

*Description
d'une pompe
pour les
Incendies,
exécutée à
Strasbourg.*

PLAN. 13.

des de cuir, comme à l'ordinaire, étant aisé de s'imaginer ces petits détails, après tout ce qui a été dit sur les pompes dans le Chapitre précédent.

*Autre pompe
pour les
cristaux,
accusée à
Ipres.*

1086. Voici une autre pompe dans le goût de la précédente, mais dont la manœuvre paroît plus commode; elle est exécutée à Ipres, & l'on s'en est servi nombre de fois avec beaucoup de succès, passant pour la meilleure du Pays. Elle est composée d'un grand Bac posé sur un traineau; ce Bac sur sa longueur est divisé en trois parties égales par les cloisons VX, percées de plusieurs trous, pour qu'en versant l'eau dans les réservoirs T, elle ne puisse point en passant dans le milieu, entraîner d'ordures. Les corps de pompes sont placés en S, accompagnés de leurs soupapes, pistons & branches, comme on le voit représenté en particulier dans la quatrième figure.

PLAN. 14.
FIG. 2. 3.
& 4.

L'on voit dans la première figure que les pistons E, F sont suspendus à un balancier CD, traversant un essieu AB qui repose sur les paliers BI, représentés dans la seconde figure, qui est une vue extérieure de la pompe en perspective. Aux extrémités de cet essieu sont suspendus des supports de fer BO, dont chacun porte une pièce de bois LM ou OP que je nomme Rame, laquelle peut jouer librement autour du Boulon sur lequel elle est en équilibre: à ces Rames sont attachées un nombre de chevilles de bois N en forme de poignées, auxquelles sont appliquées autant de personnes qui poussent en avant & en arrière, comme font les Rameurs, & donnent le mouvement à l'essieu qui fait jouer les pistons; ce qu'il est aisé de s'imaginer en considérant encore la première figure, relativement à la seconde; les parties GH, IK n'étant autre chose que la représentation des Rames LM, OP.

L'on a accompagné la quatrième figure de toutes les parties essentielles à cette pompe qui méritent quelque attention; & pour faire voir l'effet des différentes soupapes, on a supposé que les unes telles que I, G, étoient coniques, & les autres K, H, faites en clapets. À l'égard du tuyau B qui répond aux branches L, M, l'on voit qu'il est accompagné d'une boîte à deux anses A, percée en écrou par le dedans, avec un rebord intérieur, dont le diamètre est de même calibre que le tuyau B, qu'elle ne peut abandonner & dont on va voir l'usage. C'est un tuyau coudé & taillé en vis par ses extrémités, dont celle d'en haut doit s'ajuster avec un autre tuyau D. E est une seconde boîte à écrou comme la première A, avec cette seule différence qu'elle n'a point d'anses pour la tourner, parce qu'étant plus petite, elle peut être plus aisément ma-

niée. D est un tuyau d'environ 7 pieds de longueur, servant à diriger l'eau, c'est pourquoi il va en diminuant vers le bout.

Pour monter la fourche avec son genou, on fait entrer le bout du tuyau B, dans l'autre tuyau coudé C, on élève la boete A qu'on tourne autour de la vis qui répond au tuyau C; alors ces deux pièces se trouvent unies, de manière que celle d'en haut peut tourner librement autour du tuyau immobile B, afin de pouvoir lancer l'eau du côté que l'on veut; ensuite l'on fait entrer jusqu'à la vis dans le tuyau D, l'extrémité supérieure du tuyau coudé C, que l'on unit par le moyen de la boete F, dont l'écrou vient s'ajuster avec la vis dont nous parlons, qui n'empêche pas le tuyau D de tourner pour le diriger plus haut ou plus bas, selon que sa courbure se trouve disposée.

Le dessus du milieu de la partie du Bâc dans lequel sont placés les corps de pompes, est couvert par un plancher sur lequel est situé celui qui conduit le tuyau D, qui est une commodité essentielle qu'on n'a pas coutume de pratiquer aux pompes ordinaires.

1087. Les figures 4, 5 & 6 de la planche 15, comprennent le profil, le plan & l'élevation d'une pompe différente de deux précédentes, & telle qu'on en trouve dans plusieurs Villes de Hollande. Elle est composée d'un Bâc partagé en trois parties par deux cloisons percées, comme ci-devant, de plusieurs trous, pour que l'eau versée dans les réservoirs O & P parvienne pure au retranschement du milieu, où sont placées les pompes, dont voici la disposition.

*Nouvelle
pompe pour
les Incen-
dies, exé-
cutée en
Hollande.*

PLAN. 15.

Dans le milieu est un cylindre Q, couvert d'un chapiteau arrêté par des vis, le pourtour garni de rondelles de cuir, de manière que l'air ne puisse y entrer ni en sortir. Ce cylindre est uni à deux corps de pompes diamétralement opposés, lesquels par le jeu de leur piston, font entrer l'eau dans le récipient Q, en passant par les communications N, M, qui s'ouvrent & se ferment alternativement avec les clapets A, selon que les pistons haussent ou baissent. Le pourtour des corps de pompes est percé vers le bas au-dessous des soupapes K, L, qui est l'endroit par où l'eau s'introduit, lorsqu'on vient à lever chaque piston, dont on sentira l'effet, en considérant que l'eau qu'ils ont aspirée pour remplir chaque corps de pompe est refoulée dans le récipient, dont l'air ne pouvant sortir aussi-tôt que le trou B se trouve surmonté par l'eau, va se réunir vers le sommet du récipient, où il se condense de plus en plus à mesure que l'eau y entre en plus grande quantité, parce que le trou B étant plus petit que le cercle des pistons, il entre plus d'eau

Aa iij

dans le récipient qu'il n'en peut sortir dans le même tems. Ainsi l'eau est refoulée sans interruption, non-seulement parce qu'il y a deux pistons qui jouent alternativement, mais encore parce que la surface de l'eau du récipient est pressée de haut en bas par le ressort de l'air, qui refoule avec une force à peu près égale à celle qu'on imprime aux pistons; de sorte que l'eau est lancée continuellement avec une vitesse qui est toujours à peu près la même, malgré l'inégalité de l'action de ceux qui sont appliqués au balancier EF, dont les extrémités sont terminées en fourche, comme on le voit dans la sixième figure, afin de pouvoir y enfiler une poignée assez longue, pour que cinq ou six hommes puissent agir de front. Cette figure fait voir aussi le boyau de cuir D, qui s'ajuste avec une boîte de cuivre C, répondant au trou B, par lequel l'eau est refoulée dans le boyau, pour être dirigée à l'aide du tuyau E, dans les endroits embrasés qui ne peuvent être aperçus du lieu où la pompe est placée. Au reste, comme cette pompe est de même espèce que celles dont j'ai fait mention dans les articles 881, 886, je ne m'y arrêterai pas davantage, la simple considération du profil faisant assez connoître le Mécanisme qui lui est propre.

*Description
d'une pompe
pour les
Incendies,
avec laquelle
on lance
l'eau sans
interrup-
tion par le
mouvement
d'un seul
piston.*

1088. M. Ferault dans son Commentaire sur Vitruve, pag. 318. fait mention d'une pompe de même espèce que la précédente, qui étoit de son tems dans le Cabinet de la Bibliothèque du Roy, laquelle, dit cet Auteur, sert à lancer de l'eau fort haut dans les Incendies: ce que cette machine a de particulier, & qui n'est point dans les autres de cette espèce, dont la description se voit dans le Livre des forces mouvantes de Salomon de Caux, étant qu'avec un seul piston, par le moyen de l'air, l'eau est poussée de manière qu'elle a un cours continu, & qui n'est point interrompu lorsque le piston attire l'eau.

PLAN. 15. Pour en juger, considérez la première figure composée d'un corps de pompe A, dont le fond est percé d'un trou fermé par une soupape pour recevoir l'eau du Bac, dans lequel on suppose que cette machine est placée. Ce corps de pompe est uni à un récipient B, par le moyen d'un tuyau de communication C, ayant à l'endroit E une soupape pour empêcher que l'eau qui est entrée dans le récipient, n'en puisse sortir. Ce récipient qui est bien fermé de toutes parts comprend dans le milieu un tuyau FD, qui descend presque jusqu'au fond.

Lorsqu'on fait jouer le levier H, auquel est suspendu le piston, l'eau entre d'abord dans le corps de pompe & dans le récipient jusqu'à une certaine hauteur au-dessus de l'orifice D, qui s'y trou-

FIG. 1.

vant submergé, l'air renfermé dans le récipient, qui n'en peut plus sortir, se comprime de plus en plus à mesure que le récipient se remplit. Or comme chaque fois que le piston refoule, le récipient reçoit plus d'eau qu'il n'en peut sortir par le tuyau FD, dont l'orifice supérieur est beaucoup plus petit que le cercle du piston; il arrive que non-seulement l'eau est lancée avec beaucoup de vitesse dans le tems que le piston refoule, mais qu'elle monte encore à peu près à la même hauteur dans le tems de l'aspiration, par l'action du ressort de l'air qui presse la surface de l'eau pour se remettre dans son état naturel, comme dans l'article 881; & voilà l'*Enigme de Mécanique* devinée par M. du Fay * lorsqu'il vit à Strasbourg une pompe qui agissoit sans interruption, quoiqu'il n'y eût qu'un seul piston, dont M. Jacob Leupold faisoit mystère, comme d'une chose nouvelle.

* Histoire
de l'Acade-
mie, année
1715. page
78.

La seconde figure représente une autre maniere de construire la machine précédente, en faisant que l'eau soit lancée par l'orifice B à côté du récipient A, & non par le sommet, & on y a ajouté deux corps de pompes, afin que l'un des leviers E ou F puisse travailler au défaut de l'autre. A l'égard du cercle D, l'on suppose qu'il marque la surface de l'eau dans le récipient, au moment que le piston en refoulant est parvenu au plus bas, & qu'ensuite elle est descendue en C à la fin de l'aspiration.

FIG. 2.

1089. Voici une Fontaine artificielle qui agit par la condensation de l'air, imaginée par Heron, célèbre Mathématicien d'Alexandrie, & qui m'a paru assez ingénieuse pour mériter de trouver place ici. Elle est composée de deux vaisseaux cylindriques égaux ABCD, EFGH, chacun fermés par deux fonds IK, CD & EF, GH, dont le premier IK est à quelque distance du bord AB, pour former un petit bassin IABK. Ces deux vaisseaux sont entretenus ensemble par un cylindre creux 4, 5, au travers duquel passe un tuyau RS, dont un des orifices R est soudé au fond IK du bassin, & l'autre S répond à une petite distance du fond GH; la surface de ce tuyau est entretenue au fond CD, EF, en Y & Z.

Description
d'une fon-
taine arti-
ficielle, nom-
mée com-
munément
Fontaine
Héronne.

FIG. 3.

Ensuite est un second tuyau TV, dont une des ouvertures V est soudée avec le fond EF, & l'autre T est autant éloignée du fond IK que S l'est de GH; ce tuyau a aussi sa surface soudée au fond CD à l'endroit X; enfin le fond IK est traversé par un tuyau PQ dont l'ouverture Q est éloignée du fond CD, à la même distance que le font T & S de ceux qui leur répondent. A ce troisième tuyau est adapté un ajutoir P de 2 ou 3 lignes de diametre; cela bien entendu, voici le jeu de cette machine.

On commence par ôter l'ajutoir P, afin de verser de l'eau plus commodément dans le vaisseau CIKD jusqu'à la hauteur LM de l'orifice T du tuyau TV, c'est-à-dire que l'on cesse d'en verser lorsqu'on l'entend descendre dans le vaisseau GF; on remet l'ajutoir, & l'on ferme le trou, ensuite l'on verse de l'eau dans le bassin IABK, laquelle descendant par le tuyau RS, va se rendre dans le vaisseau GF, où il n'en peut entrer que jusqu'à une certaine hauteur NO, parce que l'air dont cette eau occupe la place venant à se condenser, empêche qu'il n'en entre davantage. Toutes les colonnes d'eau comprises dans l'espace GNOH, & qui ont pour hauteur NG, tendant à monter aussi haut que la colonne comprise dans le tuyau RS, le ressort de l'air renfermé dans les espaces NF, LK, se trouve augmenté d'une force équivalente au poids d'une colonne d'eau qui auroit pour base le cercle LM & pour hauteur KO.

Si l'on débouche l'ajutoir, le ressort de l'air pressant la surface LM de l'eau CM, la fera jaillir à une hauteur à peu près égale à KO, & continuera de même tant qu'il y aura de l'eau dans le vaisseau CK, parce que celle qui sort, retombant dans le bassin IB, vient se rendre dans le vaisseau GF, y occupe la place de l'air qui est passé dans le vaisseau CK, où il se trouve toujours également condensé, puisque l'eau ne faisant que sortir du vaisseau supérieur pour se rendre dans l'inférieur, la machine en contiendra toujours une égale quantité; mais lorsque l'orifice Q du tuyau PQ ne trempera plus dans l'eau, alors l'air trouvant une issue pour s'échaper, la machine cessera d'aller.

Pour la faire jouer tout de nouveau, on fait sortir par un trou pratiqué au fond GH, route l'eau qui s'est rendue dans le vaisseau inférieur, & après l'avoir refermé, l'on met la machine en état de recommencer de nouveau.

Tandis que nous en sommes sur le concours des effets de l'air & de l'eau, je crois qu'il ne sera point inutile de faire mention d'une manière de souffler le feu des Forges, bien différente de celle dont on fait usage ordinairement, mais elle ne peut gueres avoir lieu que dans les Pays de montagnes d'où il descend de l'eau, comme en Provence, où le soufflet que je vais décrire est fort en usage, se rencontrant le long de l'Iser entre Ramans & Grenoble, cinq ou six Forges qui n'en ont point d'autres.

PLAN 16.

*Description
d'un Soufflet
pour les*

1090. La première figure de la planche 16, comprend le plan du Bâtiment d'une de ces Forges; avec la situation du soufflet par rapport au fourneau. Ce soufflet est composé d'une cuvette HI renversée

versée, faite en ovale, de 7 pieds de longueur sur 3 ou 4 de largeur, représentée par les figures 3 & 4; ses bords sont enterrés de 5 ou 6 pouces, pour que l'air extérieur n'y puisse entrer. Sur le fond de cette cuve sont attachés deux tuyaux de bois B, C de 10 ou 12 pieds de hauteur, dans le milieu desquels on arrête aussi sur la cuve une espece de pyramide G faite de planches, ayant vers son sommet un troisième tuyau D, qui conduit le vent à la Forge; toutes ces pieces sont bien emboîtées & calfatées avec la cuve, de maniere que l'air n'ait aucun passage par les joints.

grandes forges, par le moyen d'une chute d'eau.

Un petit Canal d'un pied de largeur sur 7 à 8 pouces de profondeur, & qui se partage en deux branches E, F, conduit l'eau dans les tuyaux B, C, en plus ou moins grande quantité, selon que l'on veut augmenter ou diminuer l'action du vent, ce que les Forgeurs réglent par le moyen d'une petite vanne placée à l'entrée A du Canal. Comme les tuyaux B, C sont percés vers le sommet de plusieurs trous inclinés au-dedans par lesquels l'air s'introduit, il arrive que l'eau en tombant, en entraîne avec elle dans la cuve une grande quantité, qui se trouvant comprimée cherche à se dilater, & n'ayant d'autre issue que par le tuyau D, qui va en diminuant vers le bout, il en sort avec impétuosité, & va souffler le feu de la Forge avec tant de force, qu'on est quelquefois obligé d'en laisser échapper une partie par un petit trou pratiqué au sommet de la pyramide G, ne le laissant agir pleinement que lorsqu'on a de grosses pieces à forger.

L'on place dans la cuve sous chacun des tuyaux B, C une espece de petite sellette H, pour que l'eau venant jaillir dessus, l'air puisse s'en séparer plus aisément, après quoi l'eau en sort par une rigole qui en est toujours bouchée, afin que l'air ne puisse s'échapper par l'ouverture qu'on a été obligé de faire à la cuve.

J'ajouterai que la cinquième figure représente une roue qui tourne par le courant d'un canal pratiqué à côté de la Forge, comme on le voit dans la première figure, à l'endroit KQ; que l'arbre L de cette roue fait agir un martinet M, dont le manche est appuyé en N, & qu'on interrompt le mouvement de la roue par le moyen d'une vanne placée à l'endroit Q, qu'on leve & baisse à l'aide du levier QP.

Discours de M. Mariotte sur les Soufflets précédents.

1091. M. Mariotte dans son traité du mouvement des eaux, fait mention, pag. 68. d'une maniere de soufflet tel que le précédent, mais un peu différent, comme on en peut juger par la seconde figure. » On sçait, dit cet Auteur, que dans beaucoup de lieux on se sert de certains soufflets pour faire fondre les Mines de Fer

PLAN. 16.

Tome II.

Bb

- dans les fourneaux par la seule chute de l'eau, ce qui se fait ainfi.
 ■ On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 pieds de hau-
 ■ teur, & d'un pied de diametre, qui est foudé dans une médiocre
 ■ cuve renversée; dont le bas est posé sur un terrain; en sorte que
 ■ pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures, & l'air
 ■ n'y peut plus passer; on laisse au haut du tuyau une ouverture de
 ■ trois ou quatre pouces de diametre, dans laquelle on met un en-
 ■ tonnoir, dont le goulot est de la même grosseur; on y fait tomber
 ■ de 15, 20 ou 30 pieds de hauteur, de l'eau de quelque fontaine,
 ■ dont la largeur en tombant est à peu près égale à l'ouverture de
 ■ l'entonnoir, en sorte qu'il ne peut s'y amasser de l'eau que de 5
 ■ ou 6 pouces de hauteur; cette eau tombant entraîne avec elle
 ■ beaucoup d'air qui la suit jusques au-dessous de l'entonnoir, à
 ■ cause de la pesanteur de l'eau qui continue, de tomber & de la
 ■ vitesse de son mouvement: on met à côté de la cuve, un tuyau
 ■ qui va en s'étrécissant jusques auprès du trou du fond du fourneau
 ■ où le charbon doit être soufflé, & l'air pressé & enfermé dans
 ■ la cuve ne pouvant sortir par en haut à cause de la chute impé-
 ■ tueuse de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ni par en bas
 ■ à cause de l'eau qui s'y amasse, & qui s'élève d'un pied ou de
 ■ deux par dessus les fentes qui restent entre la terre du fond & les
 ■ douves de la cuve, il est contraint de sortir avec une très-gran-
 ■ de force par le bout du canal, de maniere qu'il fait le même
 ■ effet pour souffler le charbon, que les plus grands soufflets de
 ■ cuir dont l'on se sert ailleurs.

J'ai appris par un de mes amis, qui a beaucoup voyagé en Ita-
 lie, que près de Salan sur le Lac de Garde & proche de Rome,
 dans la Montage de Liburtine, il y avoit des Forges où les souf-
 flets dont nous parlons étoient employés.

1092. L'on a construit proche Valenciennes en 1733 & 1734
 une Fonderie pour la Fabrique des Boulets de Canon, dont le feu
 du fourneau est animé par un soufflet nouvellement imaginé en
 Angleterre; l'eau n'y a aucune part, il se réduit à faire circuler l'air
 d'une maniere que l'on dit être fort ingénieuse, & qui produit un
 effet surprenant; comme je ne l'ai point vu, & qu'on n'a pû m'en
 donner qu'une idée fort imparfaite, je n'entreprendrai point de
 l'expliquer présentement, me reservant d'en donner la description
 aussi-tôt que je m'en serai instruit par moi-même: on la trouvera
 dans le premier Volume de la seconde Partie de cet Ouvrage.

Il y a encore
 une autre
 le même
 de souf-
 flet, &
 une fon-
 taine
 Va: vien-
 ne.

Description de la Machine de Marly.

1093. Il ne paroît pas que l'on ait jamais exécuté de machine qui ait fait autant de bruit dans le monde que celle de Marly ; elle peut être mise au nombre de ces Ouvrages rares qui étoient réservés à la magnificence de Louis le Grand. En effet, il n'appartenoit qu'à ce Monarque de forcer une rivière comme la Seine à quitter son cours naturel, pour s'aller rendre sur le sommet d'une Montagne aussi élevée que celle où elle coule présentement. Les Poètes ont fait faire à leurs Héros des choses merveilleuses avec le secours des Dieux ; mais ce grand Roi, sans avoir recours à la fiction, trouvoit dans ses Finances & dans l'habileté de ceux qui cherchoient à contribuer à sa gloire, tout ce qu'il falloit pour accomplir ses grands desseins. La situation qu'il choisit lui-même dans la Forêt de Marly pour y faire bâtir un Château, peut passer pour une des plus belles du monde ; une exposition heureuse & une vue charmante, fournissoient du côté de la Nature tout ce que l'on pouvoit désirer, excepté de l'eau. Et comment pouvoir s'en passer dans un lieu que l'on vouloit enrichir de tout ce que l'imagination peut se représenter de plus riant, de ces lieux enchantés que les Romains nous décrivent avec tant de pompe ? Cet obstacle auroit rebuté un Prince moins puissant, mais il voulut montrer qu'il pouvoit venir à bout des plus grandes entreprises. Il parle, aussi-tôt tout ce qu'il y a d'habiles gens en France & dans les Pays Etrangers, attirés par les bienfaits dont il recompensoit le mérite, se disputent la gloire de le servir.

Comme alors il suffisoit qu'on eut quelques talens pour être écouté favorablement des Ministres, un nommé Rannquin du Pays de Liege, homme d'un génie excellent pour les Machines, fut assez hardi pour entreprendre de rendre les eaux aussi abondantes à Marly & à Versailles que si elles y eussent coulées de source. La Machine qu'il a exécuté pour cela, a commencé d'agir en 1682. On prétend qu'elle a coûtée plus de huit millions. J'ai hésité long-tems de la rapporter dans cet Ouvrage, par la difficulté de la bien décrire & d'en avoir un dessein exact ; d'ailleurs son exécution étant d'une aussi grande dépense, il me paroissoit ridicule de la donner pour modèle à ceux qui auroient recours à mon livre pour y chercher les moyens d'élever l'eau ; cependant j'ai considéré que cette Machine ayant fait jusqu'ici l'admiration de toute l'Europe, les curieux ne seroient pas fâchés d'en avoir les développemens,

B b ij

quand ce ne seroit que pour en raisonner avec plus de justesse que ne sont la plupart de ceux qui croient l'entendre. A cette considération j'en ajouterai une plus essentielle encore, qui est que dans bien des occasions on peut en tirer des pieces pour s'en servir utilement, d'autant plus qu'elle en comprend de fort ingénieuses qu'on ne trouve point ailleurs.

J'en ai cherché long-tems les plans & profils sans avoir pu les trouver, car ce n'étoit pas une petite affaire de prendre la peine de les aller lever moi-même sur les lieux: heureusement un de mes amis qui les avoit, a bien voulu me les communiquer; & pour m'assurer s'ils étoient exacts & en faire la description, j'ai passé huit jours à la Machine, où M. Delespine qui en est le Contrôleur m'a donné tous les éclaircissmens que je pouvois désirer.

Cette machine est située entre Marly & le Village de la chaussée; à cet endroit, la rivière est barrée en partie par la machine, & par une Pessiere ou Digue qui fait regonfler les eaux; & pour ne point interrompre la navigation, on a pratiqué à deux lieues au-dessus de Marly, un canal pour le passage des Bateaux: on a aussi construit un brise glace à 30 ou 35 toises de la machine, pour empêcher que les glaces ou les bois entraînés par le courant ne l'endommagent; & pour mieux garantir les vannes qui répondent aux roues de la machine, on a fait encore un grillage de poutres, qui arrête tout ce qui seroit échappé au brise glace.

La machine est composée de 14 roues, qui ont toutes pour objet de faire agir les pompes qui forcent l'eau de monter jusque sur la Tour qui se trouve au sommet de la montagne, où elle se réunit à la sortie de plusieurs tuyaux, pour couler sur un Aqueduc, & se rendre dans les reservoirs qui la reçoivent; & comme il suffit d'entendre tout ce qui appartient à une de ces roues pour juger de l'effet des autres, qui ne font que repeter à peu près la même chose, je vais m'attacher à en faire le détail partie à partie pour ne point embrasser trop d'objets à la fois.

PLAN. 17.

Description
de la Ma-
chine.

1094. La premiere figure de la planche dix-septième représente le plan & le profil d'une roue de la machine & des parties les plus générales qui y répondent depuis la rivière jusqu'à l'Aqueduc. Cette roue qui est marquée par le nombre 2, a un coursier fermé par une vanne comme à l'ordinaire; son mouvement produit deux effets, le premier est de faire agir des pompes aspirantes & refoulantes, qui font monter l'eau par le tuyau 3, à 150 pieds de hauteur dans le *Puisard* 4, éloigné de la rivière de 100 toises; le second est de mettre en mouvement les balanciers 5 & 6, qui font agir des

pompes refoulantes placées dans les bâtimens 7 & 8. Celles qui répondent au premier Puifard 4, reprennent l'eau qui a été élevée à mi-côte, & la font monter par le tuyau 10 dans le second Puifard 9, élevé au-dessus du premier de 175 pieds, éloigné de 324 toises de la rivière: de-là elle est reprise de nouveau par les pompes qui sont dans le bâtiment 8, qui la refoulent par le tuyau 11, sur la platte forme de la Tour 12, élevée au-dessus du puifard, supérieur de 177 pieds & de 502 pieds au-dessus de la rivière, dont elle est éloignée de 614 toises; de-là l'eau coule naturellement sur un Aqueduc en suivant la pente qu'on lui a donnée jusqu'au près de la grille du Château de Marly, d'où elle descend dans les grands réservoirs, qui la distribuent aux jardins & bosquets.

Pour bien entendre de quelle manière la roue fait agir les parties qui donnent le mouvement aux pompes dont je viens de faire mention; il faut en suivant ce que je vais expliquer, faire beaucoup d'attention aux figures 2, 3, 4, 5 & 6, & prendre garde que les lettres & chiffres semblables qui les accompagnent sont appliqués aux mêmes pièces vûes de différens sens.

PLAN. F^r
& 18.

1095. D'abord on a formé sur le lit de la rivière un radier qu'on a rendu le plus solide qu'il a été possible par des pilots & planches, garnis de maçonnerie, ainsi qu'on le pratique en pareil cas, & c'est ce qu'on remarque dans la troisième & quatrième figures. A 14 pieds au-dessus de ce radier on a établi un plancher ou pont, qui sert à soutenir les pompes & tout ce qui leur appartient, comme on en peut juger par la seconde figure, qui fait voir que l'arbre de la roue est accompagné de deux manivelles 13, 14; à cette dernière répond une Bielle 15, qu'on ne peut bien distinguer que dans la troisième figure, qu'il faut suivre relativement à ce qui regarde la seconde. A chaque tour de manivelle, cette Bielle fait faire un mouvement de vibration au Varlet 16 sur son essieu. A ce Varlet est une autre Bielle pendante 17, qui est accrochée au balancier 18, aux extrémités duquel sont deux poteaux pendans 19, portant chacun 4 pistons qui jouent dans autant de corps de pompe, marqués au plan par le nombre 20.

Quand la manivelle 14 & le varlet 16 font monter la bielle 17, les pistons qui répondent à la gauche du balancier aspirent l'eau par les tuyaux 21 qui trempent dans la rivière, tandis que ceux de la gauche la refoulent pour la faire monter dans le tuyau 22, d'où elle passe dans le premier puifard; & lorsque la manivelle tire à soi le varlet 16, le balancier 18 s'inclinant d'un sens opposé au précédent, les pistons de la gauche refoulent, & ceux de la droite

E b ij

aspirent & continuent toujours de faire la même chose alternativement.

PLAN. 17.
& 18.

1096. Pour empêcher que l'air n'ait communication avec la capacité des corps de pompes, & que les cuirs qui sont aux pistons ne laissent point de vuide, on a ajouté à chaque équipage, indépendamment des huit pompes résoulantes, une pompe aspirante, appelée *mère nourrice*, afin d'entretenir toujours l'eau dans un bassin 23, élevé à peu près à la hauteur du bord des corps de pompes: ainsi il y a un des poteaux pendans 19, qui porte un cinquième piston.

La manivelle 13 donne le mouvement aux pompes du premier & du second puisard; & pour juger comme cela se fait, il faut considérer la quatrième & cinquième figures, relativement à la seconde du sens qui leur convient; on y verra que cette manivelle fait faire un mouvement de vibration au varlet 25 par le moyen de la bielle 24, qui tire à soi & pousse en avant l'extrémité 30. Ce varlet en fait agir deux autres horizontalement placés au-dessous des nombres 28 & 29, par le mouvement qui leur est communiqué de la part des bielles 26, 27, qui poussent ou qui tirent à elles le varlet supérieur ou inférieur, selon la situation de la manivelle.

On voit sur le plan comme le varlet 29 peut se mouvoir sur son axe 32, & qu'à l'extrémité 31 il y a une chaîne 31, 33, qu'on doit regarder comme faisant partie de la chaîne 34, 35, exprimée dans la sixième figure; de même le varlet 28 qu'on ne peut voir sur le plan, mais qui est tout semblable à l'inférieur, répond aussi à une chaîne qui fait partie de l'autre 36, 37; ainsi ces deux chaînes sont tirées alternativement par les varlets 28 & 29 pour faire agir les pompes des puisards. Pour les entretenir, on les a soutenus avec les balanciers 38, posés de 18 pieds en 18 pieds, ces balanciers sont traversés par un boulon qui appuie sur le cours de lice 29 posé sur les chevalets 40.

La figure sixième est un profil qui peut être commun au premier & au second puisard, mais qui doit plutôt appartenir au second qu'au premier, parce que les chaînes vont aboutir aux varlets 42, 46, au lieu qu'elles traversent le premier après y avoir mis en mouvement les pompes qui y sont.

1097. Lorsque la chaîne 36, 37 tire à soi de la droite à la gauche le varlet 42, ce varlet enlève le chassis 45 suspendu à l'extrémité 43, ayant trois cadres 44, portant les pistons qui résoulent l'eau dans les corps de pompe 50, 51. Quand cette chaîne cesse d'être tendue, & que l'inférieure 34, 35 est tirée, alors le poids du chassis

Mouvement
des pistons
qui répon-
dent aux
puisards.

45, celui des cadres & des pistons fait baisser l'extrémité 43 du varlet 42, & l'eau monte dans les trois corps de pompes de cet équipage. D'autre part l'extrémité 48 du varlet 46 enlève le chaffis 49, & les pistons, que soutiennent les cadres 52 refoulent l'eau dans les trois corps de pompes de ce second équipage, qui sont unis comme les précédens au tuyau 50, 51.

PLAN. 17.
& 18.

Tous ces corps de pompes sont soutenus inébranlables par des barres de fer qui les em brassent, comme on le peut voir au plan du puisard. J'ajouterai que les pompes que la manivelle 13 fait agir dans le premier & second puisard, élèvent l'eau dans leur bache, sans rien avoir de commun avec les équipages des autres roues, c'est-à-dire qu'au rez-de-chaussée des bâtimens 7 & 8 dans la première figure, il y a un bassin qui en occupe presque toute la capacité divisée par des cloisons pour fermer des baches, dans chacune desquelles il y a six corps de pompes renversés, qui ne font monter l'eau que quand on le juge nécessaire, & s'il y a quelques réparations à faire aux équipages dont je viens de parler, on peut mettre leur bache à sec & y faire descendre des ouvriers sans interrompre l'action des autres pompes.

1098. Pour tirer commodement les cadres hors de leurs baches quand il faut les réparer, on se sert d'une machine qui rend cette manœuvre fort aisée. A l'endroit 53 est un treuil sur lequel file un cable : à l'une des extrémités de ce treuil est une roue dentée, accompagnée d'un déclit pour empêcher que ce cable ne se déroule plus que la longueur dont on a besoin ; de-là il va passer sur une poulie 54, & se termine à la chape d'un autre poulie 55, qui peut couler d'un bout à l'autre de la poutre 60, 60. Sur cette seconde poulie passe un autre cable, à l'extrémité duquel est attaché le double crochet 56 ; ce cable passe ensuite sur la poulie 57, & de-là va aboutir au treuil d'une roue 58, laquelle s'engraine avec une lanterne 59, que l'on tourne avec une manivelle : ainsi l'on peut placer le crochet 56 vis-à-vis de l'endroit où l'on veut le faire monter ou descendre selon le besoin.

Manière de
manœuvrer
les chaffis
qui portent
les pistons.

1099. Comme les pompes qui sont au-dessus de la rivière & celles des puisards se trouvent exprimées trop en petit dans les figures précédentes, pour en distinguer les pistons & les soupapes, on les a détaillées en grand sur la planche dix-septième pour les rendre plus intelligibles, de même que plusieurs autres pièces que je vais expliquer.

Développemens des
pompes aspirantes &
refoulantes de la Man-
che.

La figure 20 exprime l'intérieur d'une des 8 pompes aspirantes & refoulantes, mise en mouvement par la manivelle 14 de la se-

PLAN. 17.
& 18.

conde & troisième figures : quand le piston 62 monte, l'eau de la rivière attirée par le tuyau de l'aspiration 63, ouvre la soupape 64, remplit la capacité 65, & une partie du corps de pompe 66; & quand il descend, il presse l'eau qui étoit montée dans le corps de pompe pour la contraindre d'entrer dans la capacité 65, & celle qui est à cet endroit faisant effort de toute part pour s'échapper, referme le clapet 64, & ouvre la soupape 67 pour monter dans le tuyau 68; & quand le piston aspire, cette soupape se referme, & le clapet 64 s'ouvre tout de nouveau.

L'extérieur de cette pompe est représenté par la figure 19, qui fait voir de quelle manière les tuyaux sont liés ensemble à l'aide des brides & des vis. Le tuyau 69 se réunit avec celui d'une autre pompe, aboutissant l'un & l'autre à un troisième tuyau marqué A dans la troisième figure, coudé en B, pour aboutir au tuyau 22, qui a quatre branches, deux à droite & autant à gauche, le petit cercle que l'on voit au-dessus du nombre 22 exprimant la circonférence de ce tuyau; par conséquent les huit tuyaux 69 n'en font plus que quatre par leur réunion, & ces quatre n'en font plus qu'un qui reçoit l'eau des huit pompes pour la porter au premier puisard. Quant à la pompe aspirante que nous avons nommé Mere nourrice, & qui sert à entretenir le petit bassin qui répond à l'orifice des huit corps de pompes; l'intérieur en est représenté par la seizième figure & n'a rien de particulier, son piston 70 étant percé comme celui des pompes aspirantes ordinaires, accompagnées d'une soupape pour retenir l'eau qu'il élève, & d'un clapet 71 pour empêcher que l'eau qui est montée ne descende. Tous les corps de pompes dont je viens de faire mention & leurs tuyaux sont de potin, excepté les tuyaux d'aspiration 63 & 72 qui sont de plomb.

La figure septième représente l'intérieur d'une des pompes foulantes du premier & du second puisard, & fait voir que chaque corps de pompe, tel que 73, est porté par des barres de fer, vûes de profil aux endroits 74, & que d'autres 75 empêchent que ces corps de pompes ne soient enlevés par le piston dans le tems qu'il refoule : l'on voit aussi que la tige 76 qui porte le piston est attachée à deux entretoises du cadre 77, que ce cadre & le piston haussent & baissent avec le châssis 45; aux endroits 78 sont des roulettes qui servent à soulager la manœuvre, lorsque l'on veut ôter ou remettre un cadre.

Le piston de cette pompe est creux, accompagné d'une soupape qui s'ouvre quand le châssis baisse pour laisser passer l'eau, & se referme

rester ferme quand elle est refoulée; alors les soupapes 79 & 80 s'ouvrent pour la laisser passer dans le tuyau 81 qui aboutit, ainsi que les six autres aux tuyaux 50, 51, qui accompagnent la sixième figure. Enfin la figure huitième montre l'extérieur de cette pompe & les brides, servant à la maintenir inébranlable sur les barres de fer qui les accompagnent.

La figure quinziesme est le profil d'un tuyau de conduite, accompagné d'une de ses extrémités marquées S, vûes en face pour faire voir les brides, à l'aide desquelles l'on joint par des vis ces tuyaux les uns aux autres, en mettant entre deux des rondelles de plomb & de cuir pour les mieux serrer.

La figure dix-huitième représente une soupape qu'on nomme crapaudine, placée au fond de chaque bache pour la vuidier par le tuyau 84, ce qui se fait en tournant la manivelle qui est à l'extrémité de la verge 83. Quant à la figure 17, elle représente le clapet qui se place au sommet 87 des corps de pompes, pour empêcher que l'eau ne descende quand elle est une fois montée.

Les figures 9, 10 & 11 expriment les différentes faces du bout d'un varlet auquel sont suspendues les pieces qu'il met en mouvement. L'on voit qu'à ce bout est une oreille de fer 85 dont la queue qui entre de trois pieds dans le bois est désignée par des lignes ponctuées. Cette queue est lardée par des boulons 86, serrés avec des liens de fer; dans cette oreille sont pratiqués des crapaudines de cuivre, qu'on peut renouveler lorsque le frottement des pivots qui y jouent les a rendus d'un trop grand calibre.

Comme il pourroit arriver qu'une des barres de fer qui composent les chaines 5, 6 de la première figure venant à casser, en feroit casser aussi plusieurs autres par le grand effort de la manivelle qui les fait agir, il y a de 12 toises en 12 toises une chaîne brisée qui obéit, & qu'on a représenté de différens sens par les figures 12, 13 & 14.

Au reste voici une récapitulation générale des parties les plus essentielles de cette machine: accompagnées des supplémens nécessaires à l'explication précédente.

1100. La largeur de la machine comprend 14 coursiers fermés par des vannes qu'on leve & qu'on baisse avec des verins, & dans chacun de ces coursiers est logée une roue; ces roues sont disposées sur trois lignes, dans la première du côté d'Amont, il y en a sept, dans la seconde six, & dans la troisième il n'y en a qu'une seule.

*Description
& usage des
14 roues
qui sont
dans la
machine.*

Les extrémités des essieux de chaque roue excèdent leur palier,

Tome II.

C c

& sont coudées en manivelle, formant un bras de levier de 2 pieds, observant que la manivelle qui est du côté de la montagne aspire & refoule l'eau de la rivière dans le premier puisard, & l'autre manivelle fait mouvoir les balanciers.

Des roues qui sont sur la première ligne, il y en a six qui sont agir par une de leurs manivelles un équipage de 8 pompes, sans compter la mere nourrice, ces équipages sont composés d'un balancier, à chaque extrémité duquel pend une piece de bois quarree, qui porte & dirige quatre pistons; le balancier est mis en mouvement par le moyen de deux bielles, l'une couchée répond à la manivelle de la roue & à un varlet vertical, & l'autre pendante, est unie au même varlet & au balancier.

Des six roues dont nous venons de parler, il y en a cinq qui par l'autre manivelle font agir les pompes du puisard de mi-côte à l'aide des varlets horizontaux & des chaînes qui communiquent le mouvement. La sixième roue qui est la première du côté de la digue, conduit une grande chaîne qui fait agir les pistons d'une des baches du puisard supérieur, que l'on nomme puisard des grands chevaux. A l'égard de la septième roue de la première ligne, chacune des sept manivelles conduit une chaîne qui aboutit au premier puisard.

Les six roues de la seconde ligne font agir par chacune de leur manivelle, une chaîne qui aboutit au puisard supérieur, ce qui fait 13 chaînes, y compris celle qui répond à la sixième roue de la première ligne; ces treize chaînes passent par un des puisards de mi-côte, là il y en a cinq qui font agir ensemble les pistons de 30 corps de pompes, & les huit autres chaînes vont droites au puisard supérieur.

Enfin la roue qui se trouve sur la troisième ligne, fait agir par chacune de ses manivelles un équipage de 8 pompes aspirantes & refoulantes, & entretient elle seule un tuyau.

1101. Les sept chaînes des roues de la première ligne font aussi agir en passant 8 pompes aspirantes, placées un peu au-dessous du réservoir de mi-côte, parce qu'en cet endroit se trouvent les eaux d'une source considérable qu'on y a amené par un aqueduc, & les mêmes chaînes reprennent l'eau de ce puisard pour la refouler dans 49 pompes au puisard supérieur, par deux conduites de 8 pouces, & par trois autres de 6 pouces de diamètre. A l'égard des trente pompes de l'autre puisard de mi-côte, elles refoulent aussi l'eau par deux conduites de 8 pouces, jusqu'au puisard supérieur.

*Pompes
provision
nelles, pla-
cées au-des-
sous du pre-
mier puis-
ard.*

L'eau que les deux puisards de mi-côte ont refoulé, va se décharger dans un grand réservoir, & de-là par deux conduits d'un pied de diamètre, elle se rend dans des réservoirs de communication, pour être distribuée à chaque bache du puisard supérieur, d'où elle est refoulée par 82 pompes dans 6 conduits de 8 pouces de diamètre, jusques sur la Tour qui répond à l'aqueduc.

Les huit grandes chaînes qui vont droit au puisard supérieur, & qui ne sont point chargées d'équipage à mi-côte, font agir derrière le puisard supérieur seize pompes aspirantes, pour ramener dans le réservoir du même puisard l'eau qui se perd des six tuyaux qui montent à la Tour.

1102. Les huit équipages qui aspirent & refoulent l'eau de la rivière, comprennent 64 corps de pompes; les deux puisards de mi-côte en comprennent ensemble 79, & les puisards supérieurs 82, auxquels ajoutant les 8 pompes aspirantes que nous avons appelé mere nourrice, ensuite les 8 autres qui sont au-dessous du puisard de mi-côte, & les 16 que nous avons dit être placées derrière le puisard supérieur, on trouvera que la machine en comprend 253.

Le bassin de la Tour qui répond à l'aqueduc & qui reçoit l'eau de la rivière, en est éloigné de 610 toises, & ce bassin est élevé de 500 pieds au-dessus de l'extrémité inférieure des tuyaux d'aspiration des équipages d'en bas.

Les pompes qui sont sur la rivière aspirent l'eau sur une hauteur de 13 pieds, depuis le fond des coursiers jusqu'aux soupapes; elle est refoulée dans cinq conduits de 8 pouces de diamètre jusqu'aux puisards de mi-côte.

L'eau après avoir coulé sur un aqueduc de trente-six arcades, est séparée en différens témoins, qui la conduisent à Marly, & aurois à Versailles & à Trianon.

1103. Les réservoirs de Marly ont 18700 toises quarrées de superficie sur 15 pieds de profondeur; celui de Lucienne à 24500 toises quarrées de superficie, & aussi 15 pieds de profondeur.

Lorsqu'autrefois la machine agissoit dans toute sa force & que les eaux de la rivière étoient hautes, elles donnoient en 24 heures dans le réservoir de Marly, trois pouces de hauteur d'eau, ce qui fait 779 toises cubes, ou à peu près 292 pouces d'eau; mais communément elle n'en fournit gueres que la moitié.

Il y a environ soixante ouvriers qui veillent continuellement à l'entretien de cette fameuse machine, sous la conduite de M. Deslèpine qui en est le Contrôleur.

*Distribu-
tion des
Pompes de
la Machine*

*Capacité
des réservoirs
de
Marly & de
Lucienne
avec le pro-
duit de la
machine.*

C H A P I T R E V.

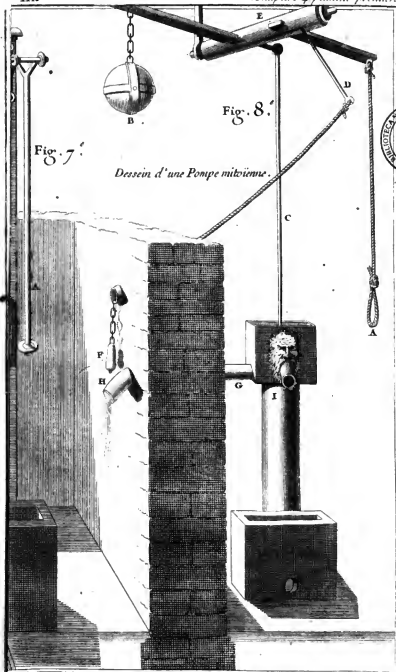
Qui comprend la Description & l'Analyse de la Machine Hydraulique appliquée au Pont Notre-Dame à Paris, & le Projet que l'on a exécuté pour la rectifier, afin de la rendre capable de fournir une plus grande abondance d'Eau.

*Discours
préliminaire
sur la po-
lice qu'ob-
servoient les
Romains
pour la con-
duite des
eaux.*

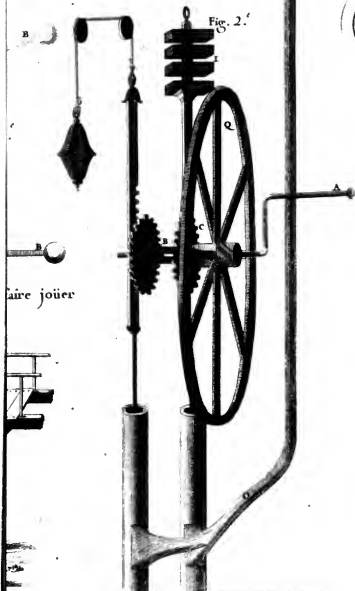
1104. **I**L n'y a point eu de Nation qui se soit plus appliquée à la conduite des eaux que les Romains; leur magnificence n'ayant pas moins éclaté dans les Ouvrages qu'ils ont fait pour ce sujet, que dans les autres monumens dont on ne peut voir les restes sans admiration. L'Art d'amener les eaux des sources éloignées, pour les conduire dans les Villes qui en avoient besoin, principalement à Rome; la distribution qui en devoit être faite aux Citoyens, soit en public ou en particulier, étoit estimée par les Princes & les premiers Magistrats, d'une assez grande conséquence pour mériter toute leur attention.

On prétend que ce fut le Roy Ancus Marcus qui fit travailler le premier à conduire à Rome les eaux de la Fontaine Piconia; pour cela il fit percer des montagnes, par des voûtes dont la construction étoit admirable, & soutenir l'eau dans les Vallées sur des aqueducs d'une hauteur extraordinaire. Par la suite ces travaux furent multipliés considérablement, & il y eut jusqu'à neuf ou dix de ces principaux aqueducs qui conduisoient à Rome plus de cinq millions de muids d'eau en 24 heures, qui alloient se rendre dans de grands bassins clos & couverts de bâtimens; de-là elle étoit conduite, par des tuyaux souterrains, à des Fontaines situées dans les différens Quartiers. Ces Fontaines faisoient un des principaux ornemens de la Ville, étant accompagnées de Statues de marbre & de bronze. Sous l'Empire d'Auguste il y avoit peu de notables Citoyens qui n'eut chez lui un bassin d'eau vive.

Indépendamment des Sources, on ramassoit encore toutes les eaux qui n'étoient pas bonnes à boire, comme celles qui se dégorgeoient des Fontaines, & qui tomboient du Ciel; elles s'alloient rendre dans d'autres réservoirs, servant à abreuver les animaux: de-là elles étoient conduites par des tuyaux dans les maisons des Corroyeurs & autres Artisans, qui avoient besoin d'eau pour leurs Ouvrages, & après qu'elles avoient servi à plusieurs



antes & Aspirantes.



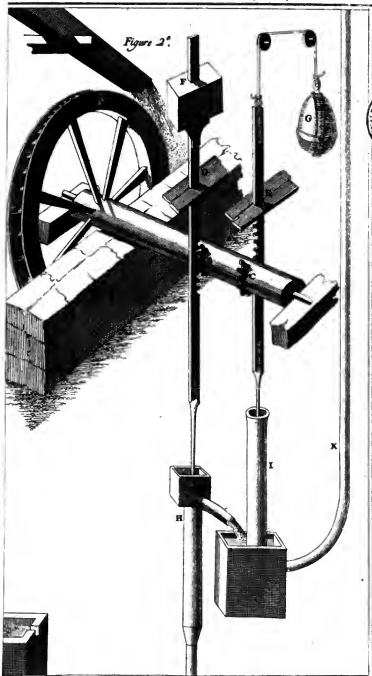


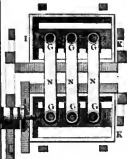
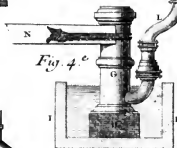
Fig. 1.^{re}Fig. 4.^e

Fig. 6.

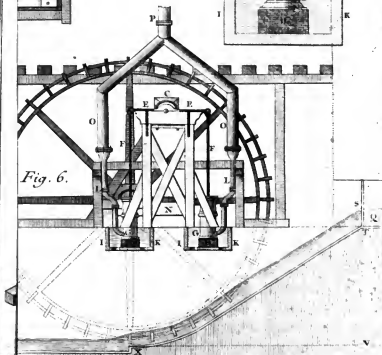


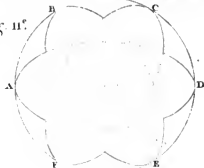
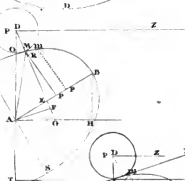
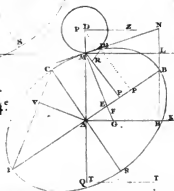
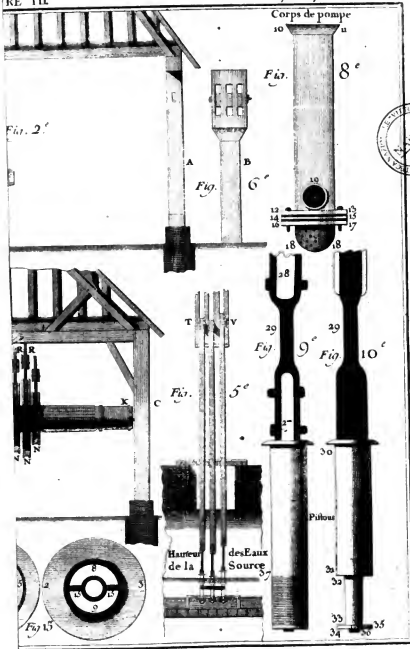
Fig. 11^e

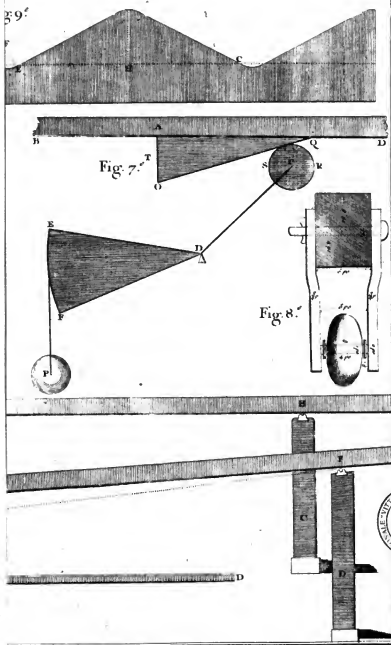
Fig.12:

Fig. 13.^cFig. 14^e

de la 7. 8. 9. et 10.^{me}

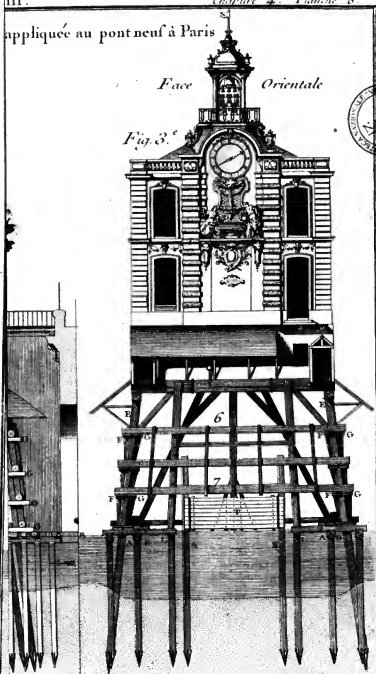


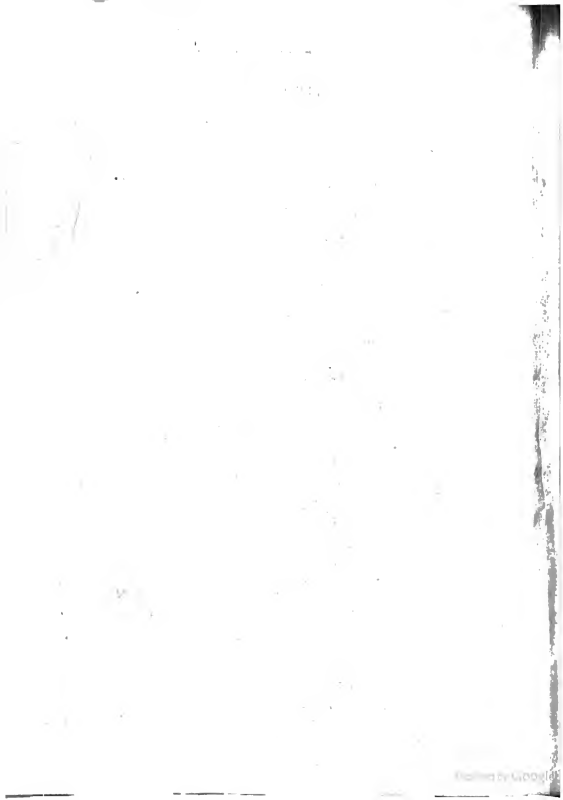




appliquée au pont neuf à Paris

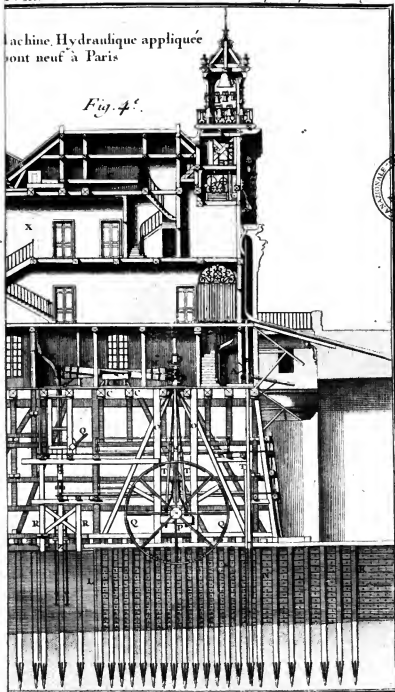
Face Orientale

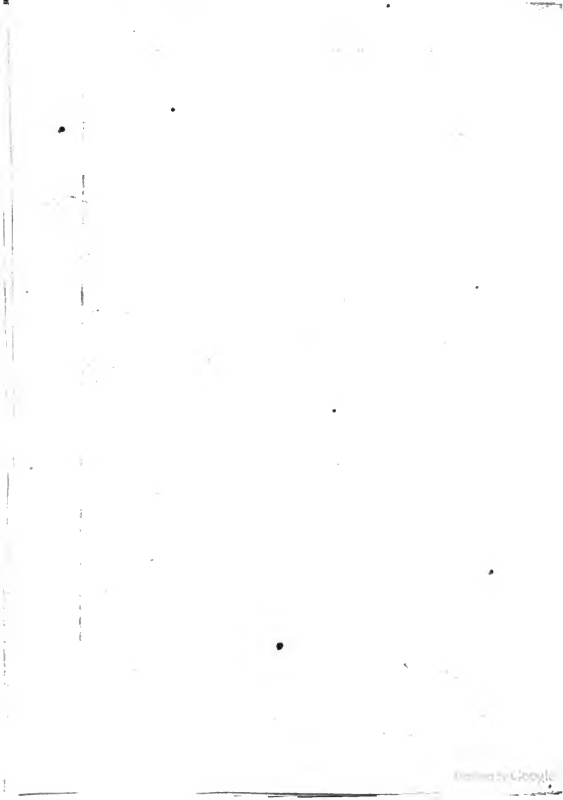
Fig. 3.^e



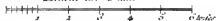
Machine Hydraulique appliquée
à Pont neuf à Paris

Fig. 4^e.

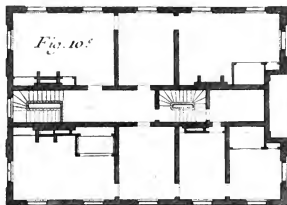




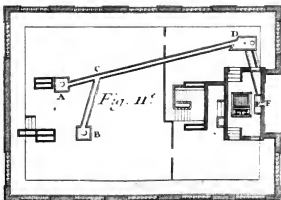
Echelle des Plans

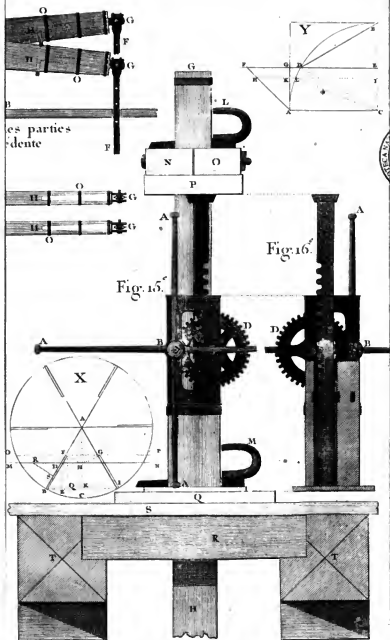


Plan du premier Etage



Plan du second Etage





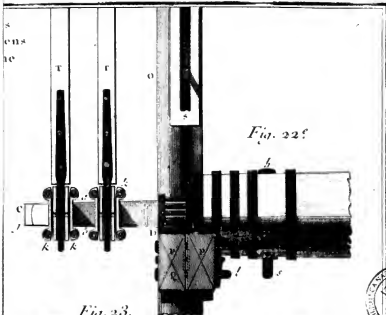
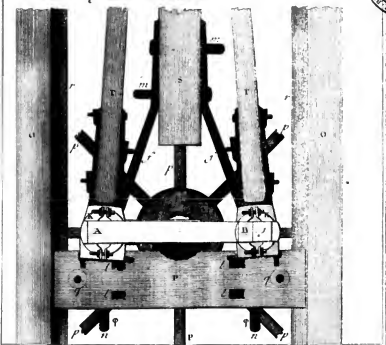
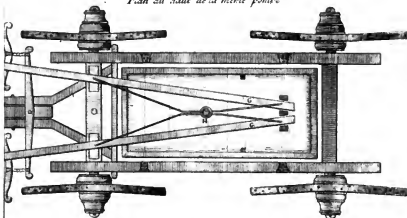


Fig. 23.



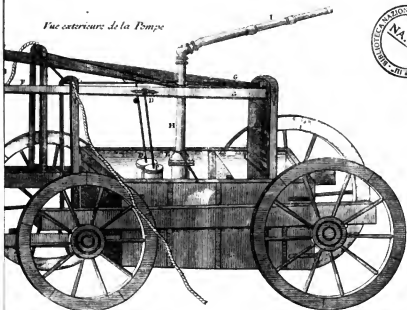
Plan du haut de la monte pompe



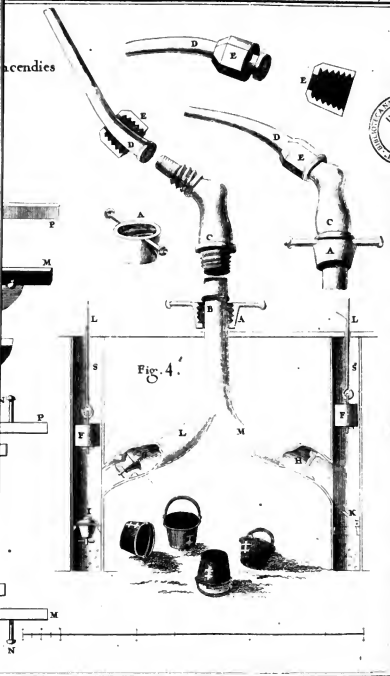
Echelle de 10 pieds

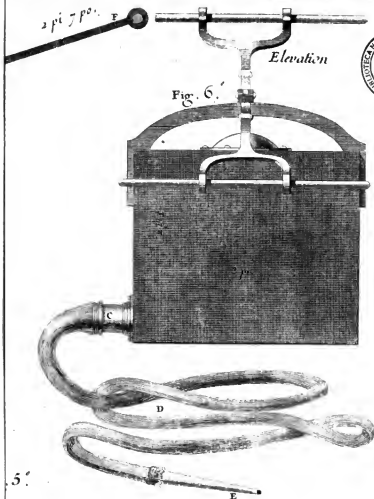


Vue extérieure de la Pompe



accendies





5.

Echelle pour toutes les figures de cette Plaque .

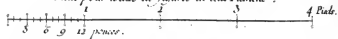
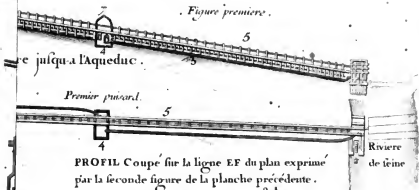
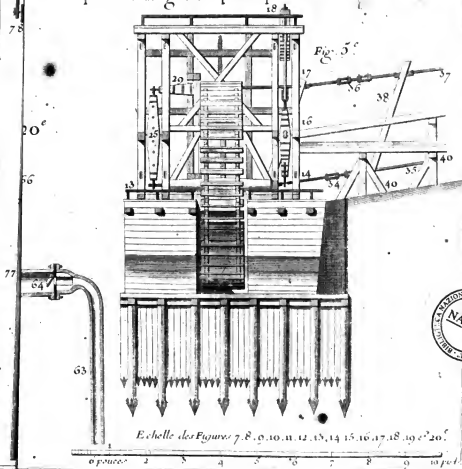
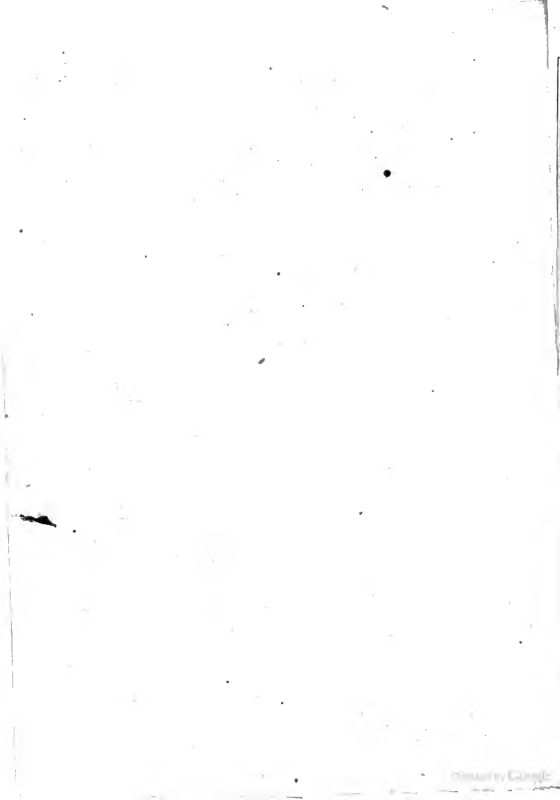


Figure première.



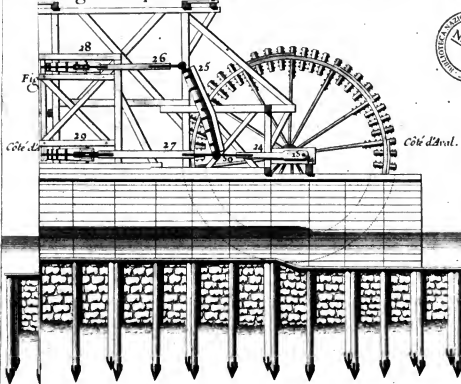
PROFIL Coupé sur la ligne EF du plan exprimé par la seconde figure de la planche précédente.



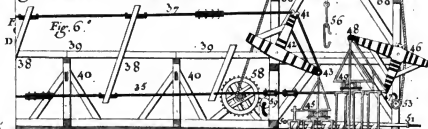




PROJON la ligne CD du plan d'une des roues de la même machine.



Figence des Balanciers & des Pufards.



Côté d'aval.

PLAN du Pufard.



usages, elles se ramassoient dans les égoûts & cloaques pour les nettoier, après quoi elles alloient se décharger dans le Tibre.

Rome ne profitoit pas seule des eaux qu'on amenoit des sources éloignées, les habitans des campagnes par où elles étoient conduites y avoient aussi part, soit pour l'usage des maisons, ou la fertilité du Pays qu'elles arrosoient dans les endroits arides, ce qui procuroit à Rome. une grande abondance de denrées; mais cette distribution de l'eau pour la campagne étoit faite avec beaucoup d'économie & avec une Police admirable. On avoit grand soin qu'elle ne fut employée qu'à des usages essentiels & selon la quantité qu'on en destinoit à chaque chose; il étoit encore enjoint à un certain nombre de personnes de la campagne choisies par les Commissaires, d'entretenir les aqueducs proprement, afin que l'eau arrivât à Rome pure & saine : & pour les engager à s'appliquer sérieusement à ce service, & leur en faciliter le moyen, ils étoient exempts de toute charge, redevance & imposition publique, & ceux qui négligeoient de remplir leurs devoirs, étoient punis par la confiscation de leur héritage, que l'on donnoit ensuite à d'autres plus soigneux : ainsi le châtimement des uns faisoit la récompense des autres. Ils étoient de plus obligés de planter des arbres le long des aqueducs, chacun sur le terrain qui lui appartenoit, afin que l'eau coulant à l'ombre, fut entretenue fraîche..

Tous ces grands Ouvrages étoient conduits & entretenus avec beaucoup d'ordre & de discipline; & comme il n'eut pas été possible d'y parvenir sans une grande autorité, les Consuls & même les Empereurs ne méprisoient pas d'y veiller attentivement, regardant la conduite des eaux comme une des choses qui intéresseoit le plus le bien public. Les Consuls en eurent long-tems l'Intendance, mais par la suite ils abandonnerent cette partie de la police à leurs Ediles qui en furent chargés, jusqu'au tems qu'Auguste voulant récompenser Marcus Agrippa des peines qu'il avoit prises pendant son Edilité, pour donner à Rome beaucoup plus d'eau qu'elle n'avoit eu encore, ayant fait faire 700 Réservoirs, 130 Châteaux d'eau, & 150 pompes magnifiquement décorées, le créa Sur-Intendant des eaux, & Chef d'une Compagnie de deux cens quarante Officiers ou Commissaires des eaux qui fut formée dans le même tems. On en créa ensuite encore une seconde, composée de quatre cens soixante personnes, & ces deux Compagnies étoient distribuées en différens offices, qui avoient tous pour objet la conduite & la distribution des eaux..

L'on peut bien juger que l'entretien de tant d'Officiers, & les

réparations continuelles des aqueducs , bassins , fontaines & châteaux d'eau devoit être d'une grande dépense , aussi le revenu que l'on en tiroit dans la distribution qui en étoit faite , étoit immense , chaque particulier payant un tribut proportionné à la quantité d'eau qu'on lui fournissoit chez lui. Frontin ayant fait la supputation des deniers que l'on percevoit pour cela dans le tems qu'il avoit la Sur-Intendance des eaux , trouvoit qu'ils montoient à deux cens cinquante mille sesterces par an , ce qui revient à six millions deux cens cinquante mille livres de notre monnoye , selon M. de la Mare dans son sçavant Traité de la Police , duquel j'ai extrait une partie de ce que je rapporte ici des Anciens. Cependant il arrivoit souvent qu'une somme aussi considérable ne suffisoit pas encore pour les frais de l'entretien , & qu'il falloit avoir recours à de nouvelles contributions pour les fonds extraordinaires , & personne n'étoit exempt de la taxe de quelques conditions qu'elles fussent , & quelques exemptions qu'elles pussent avoir d'ailleurs.

Les Empereurs Honorius & Arcadius voulant soulager le peuple des dépenses extraordinaires que demandoit l'entretien des eaux , ordonnèrent que les fonds publics qui avoient été destinés jusqu'alors pour les jeux profanes , seroient à l'avenir appliqués à l'entretien des eaux.

Les Romains en établissant leur domination dans les Gaules , y ont apporté l'usage des aqueducs , comme on en peut juger par celui d'Arcueil , que l'Empereur Julien fit bâtir pour conduire de l'eau de fontaine à son Palais des Thermes proche de Paris , & par le Pont du Gar en Languedoc , qui sont des monumens de cette antiquité , que personne ne dispute ; cependant il ne paroît pas que ces Ouvrages y fussent fort répandus , le grand nombre de fleuves & de rivières dont ces Provinces sont arrosées , la multitude des sources qui se rencontrent en tous lieux , & qui remplissent leurs fontaines & leurs puits de bonnes eaux , ont dispensé leurs habitans d'en faire venir de loin.

De tous les peuples des Gaules , il n'y en avoit point qui fussent plus à portée que les Parisiens d'avoir de l'eau commodément ; le fleuve de la Seine qui renfermoit alors entre ses deux bras toute l'étendue de leur Ville , leur en fournissoit abondamment , ils étoient si proche de ses bords pour en puiser , qu'ils n'étoient pas dans le cas d'avoir recours à des sources éloignées.

Philippe Auguste ayant fait renfermer dans une même enceinte dix petits Bourgs qui s'étoient formés aux environs de cette Ville ,

& les campagnes qui les séparoit s'étant peuplées en peu de tems, un grand nombre de ces nouveaux habitans se trouvant trop éloigné des bords de la Seine, & le terrain en bien des endroits peu propre à creuser des puits, eurent recours aux sources des éminences voisines; celles du Village de Belleville en fournirent d'abord assez, & furent conduites à Paris par un aqueduc souterrain, pour être distribuées à trois fontaines publiques.

Quoique les sources de Belleville ne donnassent à Paris que huit pouces d'eau, cette petite quantité a long-tems suffi pour supplément des eaux de la Seine; mais les nouveaux aggrandissemens de la Ville ayant obligé par la suite de multiplier le nombre des Fontaines, l'on a fait venir à Paris pour le côté du Nord les sources du Pré-Saint-Gervais, & pour celui du Midi, celles du Village de Rungis & des environs; leurs eaux sont conduites par des aqueducs, accompagnés de leur rigoles, tuyaux, regards, réservoirs, châteaux d'eau, & de tous les autres Ouvrages nécessaires pour les conserver dans leur bonté, & pour en faire une juste distribution.

Le Pré-Saint-Gervais fournissoit 20 pouces d'eau, & Rungis 8 3/4; ainsi toutes ces eaux qui arrivoient à Paris par trois aqueducs, montoient autrefois à cent onze pouces, car il s'en faut bien aujourd'hui que ces sources ne soient aussi abondantes. De ces cent onze pouces il y en avoit soixante destinés pour les Maisons Royales; & les cinquante-un pouces restans, étoient distribués en vingt-six fontaines construites en différens quartiers, pour la commodité publique.

1105. Quoique cette quantité d'eau fut déjà considérable, il arrivoit cependant quelques fois, dans le tems des grandes sécheresses, que la Ville en manquoit dans les lieux éloignés de la rivière: d'ailleurs il s'en falloit beaucoup que ces fontaines fussent suffisantes à la grandeur où la Ville a été portée depuis le commencement du Regne de Louis le Grand; des quartiers entiers dont elle a été augmentée vers ses extrémités, se trouvant privés d'eau, on prit la résolution de multiplier le nombre des fontaines publiques. Le Roy en ayant approuvé le dessein, & ordonné l'exécution, Messieurs les Prevôt des Marchands & Echevins firent en 1670 deux traités, le premier avec le Sieur Joly, Ingenieur ordinaire du Roy, qui s'obligea d'élever 30 pouces d'eau par une machine qui fut construite dans le petit moulin du Pont Notre-Dame, le second avec le Sieur de Mans pour en élever 50, par le moyen d'une autre machine qu'il proposoit dans le grand mou-

Etablissement de la Machine Hydraulique, appliquée au Pont Notre-Dame à Paris.

lin. Depuis ces deux machines qui n'étoient point semblables, ont été construites à neuf par le Sieur Rannequin qui les a fait uniformes, & beaucoup moins défectueuses que dans le premier établissement; cependant M. Turgot, Prevôt des Marchands & Messieurs les Echevins, plus occupés que jamais du dessein de donner à Paris une grande abondance d'eau, ayant été informés en 1737, que les pompes de la machine appliquée au Pont Notre-Dame avoient des défauts qui étoient cause qu'elle ne fournissoit pas à beaucoup près une quantité d'eau proportionnée à la force du courant de la Seine, considérée dans son état moyen, me firent l'honneur de m'inviter par la Délibération suivante, de leur donner les connoissances qui pouvoient contribuer à rectifier cette machine.

*N*OUS Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris, assemblés au Bureau de la Ville avec le Procureur du Roy & de la Ville pour les Affaires d'icelle, Nous aurions mis en considération la nécessité de procurer dans tous les Quartiers de cette Ville une plus grande quantité d'eau, tant pour l'usage des Bourgeois & Habitans, que pour la tenir nette dans les rues & dans l'intérieur des maisons, que la Machine Hydraulique du Pont Notre-Dame auroit été construite il y a plus de soixante années, & poussée depuis à différens degrés de perfection, que devant regarder comme un des plus importans de nos soins d'atteindre au dernier point de cette perfection, si nos Prédecesseurs & Nous n'y sommes point encore parvenus, Nous pourrions espérer cet avantage du zèle & de la capacité connue du Sieur Belidor, Commissaire Provincial de l'Artillerie, Professeur Royal des Mathématiques aux Ecoles du même Corps, actuellement en cette Ville, & faisant son séjour ordinairement à la Fère pour le service du Roy; & la manière mise en délibération: Ouy, & ce consentant le Procureur du Roy & de la Ville, avons arrêté & ordonné, arrêtons & ordonnons que ledit Sieur Belidor sera invité de se transporter dans la Machine Hydraulique, appliquée au Pont Notre-Dame, d'en observer l'état actuel, & s'il croiroit nécessaire d'y faire quelque changement pour la conduire au plus grand degré de perfection, de Nous en donner ses Mémoires, Dessins & Devis. Fait au Bureau de la Ville le trentième jour d'Août 1737. Signé, TAITBOUT.

Pour répondre à la confiance de Messieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris, Nous avons saisi avec ardeur l'occasion de leur marquer notre parfait dévouement, & l'envie de seconder leur zèle, pour ce qui intéresse le bien public, en tâchant de procurer dans tous les quartiers de la Ville de Paris une plus grande quantité d'eau.

Selon

Selon l'intention de ces Messieurs, Nous nous sommes transportés plusieurs fois dans la machine appliquée au Pont Notre-Dame, afin d'en considérer l'action, & d'en examiner toutes les parties que nous avons développées par des desseins exacts, dont voici la description, qui ne laissera rien à désirer pour l'intelligence de notre projet.

Description de la Machine appliquée au Pont Notre-Dame.

1106. Cette machine est composée de quatre équipages, dont chacun comprend trois corps de pompes accolés qui aspirent l'eau, & trois autres qui la refoulent en même tems dans les cuvettes de distribution; comme deux roues égales font chacune agir deux équipages par la force du courant de la Seine, nous ne ferons mention dans cette description que d'une moitié de la machine, parce que se trouvant composée de deux parties semblables qui n'ont aucune communication de mouvement, ces parties peuvent être regardées comme deux machines séparées qui ont un même objet.

1107. La grande roue AB qui trempe dans l'eau, est accompagnée d'un rouet vertical CD, s'engrainant avec deux lanternes E, PLAN. 1.
 F, l'essieu de la première fait tourner une manivelle à tiers point FIG. 1.
 marquée G, qui fait agir en même tems trois balanciers H, & 2.
 exprimés dans la seconde figure; ainsi il faut concevoir qu'à leurs Description
 extrémités I, il y a des tringles de fer qui répondent à cette d'un équi-
 manivelle, ce qu'on ne peut bien distinguer que dans la quatrième page du pe-
 figure, où l'on reconnoitra par l'indication des lettres précédentes, tit mouve-
 le profil de la roue AB, l'élévation du rouet CD, les lanternes E, ment.
 F, la manivelle G, les balanciers H, & leur relation avec la lan- FIG. 4.
 terne E par les tringles IK.

En suivant avec un peu d'attention la même figure, l'on verra qu'aux extrémités opposées L des balanciers, se trouvent suspendues d'autres tringles M, répondant aux chassis qui portent les pistons, dont il est aisé de distinguer les corps de pompes N & leurs baches communes O, exprimées aussi par les mêmes lettres N, O, au plan relatif à la première figure: ainsi à ne considérer que ce premier équipage, nommé équipage du *petit mouvement*, il résulte qu'à chaque tour que fait la lanterne E, la manivelle G fait alternativement aspirer & refouler une fois chacune de ces pompes; c'est-à-dire, que d'abord l'eau de la rivière est élevée dans la bache O, par l'aspiration des pompes inférieures, de-là est refou-

lée par les supérieures dans les tuyaux montans, comme on l'a expliqué dans l'article 875.

1108. Pour juger de la manière dont agit le second équipage, nommé Equipage du *grand mouvement*, il faut considérer dans la quatrième figure que le rouet CD, en faisant tourner la lanterne F, fait tourner aussi un rouet horizontal P, par le moyen de l'arbre 13, 14, qui leur sert d'essieu commun; que ce rouet s'engraine avec la lanterne Q, dont l'axe R fait agir une manivelle à tiers-point S, à laquelle sont suspendus des tringles de fer, & des châssis portant les pistons des corps de pompes aspirans & refoulans, qui jouent alternativement comme les précédens.

PLAN. 1.
& 2.

FIG. 2.
& 4.

Description
d'un équi-
page du
grand mou-
vement.

Les corps de pompes & la bache de ce second équipage sont exprimés par les lettres T, V, au plan qui répond à la première figure, & l'on distinguera sensiblement dans la seconde, en suivant les lettres relatives à la quatrième, les parties qui lui communiquent le mouvement: par exemple, le rouet P qui s'engraine avec la lanterne Q, l'essieu R & les manivelles S.

FIG. 3.

Quant à la troisième figure, elle représente un profil coupé sur l'alignement YZ du plan; on y voit rassemblés les deux équipages que nous venons de décrire; le premier qui répond à la bache O a ses trois corps de pompes vus de front avec leur tuyaux d'aspiration, au lieu que ceux du second qui répondent à la bache V, ne pouvant être vus que de file, on n'a pu les exprimer aussi sensiblement, se trouvant d'ailleurs cachés par des pièces de charpentes; mais il est aisé de s'imaginer leur situation par celle du plan qui leur est relatif. J'ajouterai que pour que les tringles de cet équipage soient toujours maintenues verticalement, elles sont dirigées par les guides X, qu'on trouve aussi exprimés dans la seconde figure.

Les van-
nes & les roues
de centime-
line se
baissent &
se baissent
par le moyen
des crics.

1109. A l'endroit 2, 3, de la première figure, l'on voit la coupe horizontale d'une vanne servant à ménager la force du courant qui fait tourner la roue AB, afin qu'elle s'entretienne dans une vitesse uniforme, c'est-à-dire, que quand la force du courant est plus grande qu'il ne faut pour faire agir la machine rondement, on baisse la vanne plus ou moins, afin que les aubes n'étant frappées que sur une partie de leur superficie, ne tournent point avec trop d'impétuosité; au contraire quand la rivière est basse, on leve la vanne pour que les aubes reçoivent toute l'impression du courant, ce qui se fait par le moyen d'un cric placé à l'endroit 4 de la seconde figure, & ce cric est semblable à celui dont nous avons fait mention dans l'art. 1041. Alors on baisse, ou on leve avec le secours de trois autres crics, représentés aux endroits 5 de la mê-

me figure, & d'un verrin marqué 6, le chassis 9, 10, 11, 12, qui porte la roue AB, la lanterne E & l'essieu, 13, 14.

1110. Comme on ne peut changer la situation de la roue sans faire monter ou descendre en même tems les lanternes E & F, qui ne peuvent être séparées de leur rouet commun CD, on sçaura que le grand rouet P a un moyeu 7, qui repose & tourne sur une platte forme 8, comme un pivot sur sa crapaudine; que son essieu 13, 14, peut monter & descendre sans changer la situation de ce rouet, que quand le chassis qui porte la roue a été fixé à une hauteur convenable, on enfonce des coins dans le moyeu pour le contraindre de tourner avec son essieu; enfin qu'on raccourcit, ou allonge les tringles IK qui communiquent le mouvement de la manivelle G aux balanciers H, & que toute cette manœuvre n'a lieu que pour le premier équipage, le second restant toujours dans le même état.

Le grand rouet reste toujours au même endroit, quoiqu'on hausse ou baisse son axe.

1111. Pour que l'on puisse bien juger de la disposition interieure des corps de pompes d'un des équipages, on les a exprimés en grand par les figures 5 & 6. La premiere montre que les trois corps de pompes refoulantes A, B, C, sont racordés avec les branches D, E, F, qui se réunissent au tuyau G, pour composer ensemble ce qu'on appelle la *fourche*, par laquelle passe l'eau, qui est refoulée dans le tuyau montant H, qui aboutit aux cuvettes de distribution : à l'égard des corps de pompes aspirans I, K, L, qui répondent au fond de la bache MN, dans laquelle ils élèvent l'eau de la riviere à une hauteur de 16 pieds par les tuyaux d'aspiration O, je ne m'arrêterai point à expliquer le jeu de leur piston, par rapport à ceux des pompes superieures, étant aisé de se l'imaginer, en se rappelant ce qui a été dit sur les manivelles triples dans l'article 112.

PLAN. 5.
FIG. 5.
& 6.

Développement particulier des pompes refoulantes, d'un équipage.

La figure sixième représente un autre profil du même équipage coupé du sens des chassis qui portent les pistons, & qu'on suppose passer par la verticale EO ou FO; ainsi quoique ce profil soit renfermé dans la même bache MN, on ne doit pas le regarder, comme s'il appartenoit à une pompe séparée du groupe dont nous parlons : on a crû devoir ajouter aussi la figure septième, qui montre l'élévation extérieure que forment les pompes refoulantes unies à leurs fourches.

1112. Toutes les soupapes des pompes refoulantes sont à coquille, & celles des aspirantes à clapets. Les pistons sont faits de bois frettés & garnis de cuir, selon l'usage ordinaire. Les 12 corps de pompes ne sont point uniformes, il y en a neuf refoulans, dont le

Le diametre des corps de pompes n'est pas de même dans

*voir les é-
quipages de
cette ma-
chine.*

diamètre intérieur est de 6 pouces 9 lignes, & celui de leurs aspirans de 7. Le diamètre des trois autres refoulantes qui appartiennent à un même équiage est de 7 pouces 9 lignes, & celui de leurs aspirans de 8 pouces. Tous ces pistons font monter l'eau dans les cuvettes de distribution, élevées de 81 pieds au-dessus du lit de la rivière, de-là elle retombe dans des tuyaux descendans, pour s'aller rendre aux fontaines.

*Description
de deux é-
quipages de
relais pour
s'opposer à
ceux qui
viennent à
coursir.*

1113. M. Turgot s'étant aperçu qu'il arrivoit assez souvent que le plus grand nombre des fontaines publiques manquoient d'eau, lorsque l'on étoit obligé de faire chômer la machine, pour réparer les parties des pompes qui venoient à manquer, a fait faire en 1737 un équipage de relais, répondant à chacune des roues, pour agir au défaut de l'un des deux autres : sage précaution qui marque parfaitement le zèle de ce digne Magistrat pour tout ce qui intéresse le bien public. Nous avons exprimé ce nouvel équipage par la neuvième figure, qui est une partie détachée de la seconde que nous avons crû devoir séparer pour plus d'intelligence.

PLAN. 1.
& 3.

FIG. 2.
& 9.

Pour juger du rapport de ces deux figures, il faut considérer que toutes les parties accompagnées des mêmes lettres appartiennent à la machine, telle qu'elle étoit avant d'y avoir rien ajouté, & qu'on a profité de l'espace qui s'est rencontré dans le coin BCD du Bâtiment, pour placer un arbre horizontal F, qui répond d'une part à la lanterne E, qui s'engraine avec les dents du rouet P, & de l'autre à une manivelle G, qui fait agir trois pompes dont les tringles qui portent les châssis des pistons sont dirigés par les guides K, pour faire jouer un équipage entièrement semblable à celui qui est représenté dans la cinquième figure, & disposé comme on l'a expliqué dans l'article 1118. Il est à propos de remarquer que les lanternes E & Q pouvant être séparées des dents du rouet P, l'on peut en laisser chômer une, & agir l'autre, pour que les pistons qu'elle met en mouvement élèvent l'eau conjointement avec ceux que font mouvoir les balanciers H. S'il arrive qu'on soit obligé d'arrêter ces derniers, alors on laisse tourner ensemble les deux lanternes; ainsi chaque roue peut toujours faire agir deux équipages en même tems, mais non pas les trois ensemble, parce que selon le sieur Rannequin, qui a la direction de la machine, on ne peut lui faire soutenir un aussi grand travail, sans la mettre en danger de rompre; on ne doit donc compter pour estimer le produit de cette Machine, que sur la quantité d'eau que peuvent élever les six corps de Pompes des deux Equipages que chaque roue peut mettre en mouvement.

1114. Pour juger de la vitesse des pistons par rapport à celle de la roue, l'on sçaura que cette roue a 10 pieds de rayon, pris jusqu'à la base des aubes, que ces aubes ont 18 pieds de largeur sur 3 pieds de hauteur; que si l'on prend leur centre de gravité pour celui d'impression, le bras de levier moyen relatif à la force du courant sera de 8 pieds 6 pouces; alors le centre d'impression décrira à chaque tour de roue une circonférence d'environ 54 pieds.

*Dimension
des roues à
aubes.*

1115. L'on sçaura aussi que le coude des manivelles est de 9 pouces, que par conséquent la levée de chaque piston est de 18 pouces, que le rouet CD a 60 dents, & la lanterne E 15 fuseaux; ainsi quand la roue AB fait un tour, cette lanterne & sa manivelle en font quatre; & comme chacun des pistons qui sont mis en mouvement par cette manivelle hausse & baisse une fois à chaque tour de lanterne, l'on voit que les pistons donnent *douze relevées* à chaque tour de roue. Or comme selon l'article 114, l'on peut ne supposer qu'un seul piston qui resoule sans interruption, il suit, sans se mettre en peine du bras de levier moyen, que ce piston fera en montant 18 pieds de chemin, tandis que la roue en fera 54, & que la vitesse de la puissance qui meut le premier équipage est à la vitesse du poids qui lui répond, comme 3 est à 1.

*Vitesse des
pistons des
équipages
du petit
mouvement
par rapport
à celle de la
roue.*

1116. A l'égard du second équipage comme la lanterne F a 20 fuseaux qui s'engrènent avec la roue CD de 60 dents, cette lanterne & le rouet P feront trois tours, tandis que la roue AB n'en fera qu'un; & comme ce rouet est accompagné de 40 dents qui s'engrènent avec la lanterne Q, qui a aussi 20 fuseaux; il suit que cette lanterne fait six tours à chaque révolution de la roue AB, & que les pistons du second équipage sont ensemble *dix-huit relevées* dans le même tems; par conséquent si l'on ne suppose encore qu'un piston qui resoule sans cesse, il fera 27 pieds de chemin, tandis que la roue en fera 54, ainsi le rapport de la vitesse de la roue à celle du poids qui répond au second équipage, est comme 2 est à 1.

*Vitesse des
pistons des
équipages
du grand
mouvement*

Pour exposer l'objet principal de notre projet, il faut se rappeler que nous avons insinué dans les articles 897, 898, 963, 964, que les colonnes d'eau que resouloient les pistons ne devoient jamais rencontrer d'obstacles en montant. On jugera si cette maxime a été observée dans la construction des pompes de la machine dont nous parlons, en considérant la cinquième figure où l'on remarquera trois défauts essentiels.

1117. Le premier vient des soupapes à coquille qui retrecissent considérablement le passage de l'eau que tous les pistons resoulent,

Les pompes de cette machine ont trois défauts qui sont cause qu'elle ne fournit pas à beaucoup près la quantité d'eau qu'elle devoit donner.

ce qui demande de la part de la puissance, beaucoup plus de force pour imprimer à l'eau une certaine vitesse, que si le piston montoit librement; & comme on ne peut emprunter du courant une plus grande force respective sans diminuer la vitesse de la roue, l'effet de la machine est nécessairement moindre que l'effet naturel.

1118. Le second que l'eau en montant dans le corps de pompe est refoulée contre la soupape & son palier, ce qui la fait réjaillir de haut en bas, & s'oppose à celle qui est poussée de bas en haut par le piston, à quoi l'on peut ajouter qu'après avoir surmonté ces obstacles, elle ne passe dans les branches que selon des directions obliques aux parois, qui la font réfléchir en plusieurs endroits & en altèrent la vitesse.

1119. Le troisième, que l'eau se trouve étranglée dans des branches qui n'ont gueres intérieurement que 3 pouces de diamètre, tandis que celui des pistons en a 7 à 8; ainsi la grosseur de ces branches n'est qu'environ la cinquième partie de celle des corps de pompe. D'ailleurs les tuyaux montans n'ont que 6 pouces de diamètre, au lieu qu'ils devroient en avoir au moins 8, afin que l'eau ne soit point obligée d'y monter avec une vitesse double de celle du piston, & même par intervalle avec une vitesse quadruple, lorsque deux pistons refoulent ensemble, ce qui arrive une fois à chaque tour de manivelle. Et comme les frottemens de l'eau contre les parois des tuyaux, sont d'autant plus grands que l'eau est obligée de couler avec plus de vitesse; il naît encore de cette part de nouveaux obstacles, qui étant réunis aux précédens, sont cause que le courant employe la plus grande partie de sa force, non à soulever les colonnes d'eau qu'il fait monter dans les cuvettes, mais à surmonter tous les obstacles que les mêmes colonnes rencontrent en chemin, ce qui est cause encore un coup, que ne lui restant que peu de vitesse, la roue ne peut tourner que lentement.

Les défauts précédens contribuent à la destruction de la Machine.

1120. Pour peu que l'on réfléchisse sur ce qu'on vient d'insinuer, l'on sentira que les pistons en refoulant l'eau doivent faire un grand effort, & même pousser de bas en haut les corps de Pompe avec beaucoup de violence, & aussi voit-on toutes les parties de la machine prêtes à sécher, parce qu'une bonne partie de l'action du courant est employée à la destruction de la machine même; & comme elle doit d'autant plus fatiguer que la roue aura plus de vitesse, il n'y a point à douter que l'on ne mit la machine en danger de rompre, si l'on vouloit se prévaloir de la

force du courant lorsque la riviere est dans son état moyen, & voilà la raison qui oblige de baisser la vanne, pour empêcher que les aubes ne soient frappées en plein; ainsi quand la machine souffre, ce n'est pas précisément à cause que la roue va plus vite, mais parce que les corps de pompes ont des défauts contraires à cette vitesse, au lieu que si l'eau montoit librement avec une vitesse égale à celle des pistons, l'on pourroit en toute sûreté laisser une plus grande partie des aubes en prise au courant, pour donner à la roue plus de vitesse.

1121. Nous étant rendus dans la machine le 17 Septembre de l'année 1737, nous avons observé que chacune des roues faisoit à peu près deux tours par minute, alors la riviere étoit forte, & les vannes se trouvoient baissées d'environ 15 pouces au-dessous du niveau des eaux à l'endroit des arches du côté d'Amont, & les quatre équipages ensemble donnoient environ 100 pouces d'eau. M. Rannequin s'étant aussi rencontré dans la machine, nous dit que les pompes alloient aussi-bien qu'on pouvoit le désirer; que cependant s'il vouloit il donneroit plus de vitesse aux roues, mais que cela ne se pourroit sans fatiguer beaucoup la machine.

Depuis le 17 Septembre, nous avons remarqué que les roues faisoient toujours à peu près deux tours par minute, par conséquent que les Pompes fournissoient environ 100 pouces d'eau: Si dans certaines occasions elles paroissent en donner davantage, c'est qu'on baisse moins les vannes pour donner plus de vitesse aux roues; mais comme elles ne restent point long-tems dans cet état, crainte des suites fâcheuses, sagement prévues par M. Rannequin, chargé de l'entretien annuel de la machine, l'on ne doit compter que sur 100 pouces d'eau dans le tems de l'année le plus favorable.

1122. Il s'agit donc pour rectifier cette machine, d'employer de nouveaux corps de pompes, qui n'ayent aucun des défauts dont nous venons de parler, de leur donner 8 pouces de diamètre, & de se servir de tuyaux montans de même calibre; alors comme les pistons ne seront gueres plus chargés qu'auparavant, l'on aura de reste toute la force que le courant employoit mal-à-propos, dont une partie servira à imprimer aux roues une plus grande vitesse, qui sera bien réglée, lorsqu'au lieu de deux tours elles en feront trois par minute, c'est à quoi il sera aisé de les assujettir en haussant ou baissant la vanne plus ou moins, relativement à la force du courant, & la machine ira rondement sans rien avoir à craindre de la précipitation des frottemens, & l'on aura

Les roues de cette machine sans ordinairement deux tours par minute.

Quand cette machine sera rectifiée, elle fournira au moins le double de l'eau qu'elle élève ordinairement.

au moins 100 pouces d'eau de plus que de coutume.

Ayant dit (1116) qu'à chaque tour que faisoit une des roues, leur grand rouet horizontal en faisoit trois, il sera bien plus commode d'estimer le produit de la machine par la vitesse de les rouets, que par celle de la roue, qu'on ne peut aller observer au bas de la machine, sans s'exposer à quelque danger, au lieu que l'on est en sûreté sur le plancher qui soutient les mêmes rouets; & comme il soutient aussi les crics dont on se sert pour hausser & baisser les vannes, on sera à portée de les mettre au point convenable, pour que les roues fassent trois tours par minute, ce qui arrivera toujours quand chacun des grands rouets en fera 9 dans le même tems : j'ajouterai que comme on ne peut gueres avec une montre mesurer exactement le tems d'une minute, il convient pour plus de précision d'en laisser écouler cinq; alors il faudra, pour que la vitesse de la machine soit bien réglée que chacun des grands rouets fasse 45 tours dans le même tems.

Quand la machine sera rectifiée, on pourra laisser prendre plus de vitesse aux rouets, sans rien avoir à craindre de la précipitation des frottements.

Expériences par lesquelles on prouve que les rouets peuvent faire trois tours par minute.

1123. Il ne faut point appréhender lorsque les roues seront trois tours par minute que la machine ait plus à souffrir qu'auparavant, au contraire, le jeu en sera bien plus doux quand les pistons ne rencontreront plus des obstacles qui s'opposoient à leur mouvement; les réparations en seront moins fréquentes, les manivelles sur-tout dureront bien plus long-tems, dès que la cause de leur fréquente rupture ne subsistera plus.

1124. J'ai dit (1112) qu'ordinairement les vannes trempoient dans l'eau sur la profondeur de 15 pouces, pour modifier la force du courant sur les aubes, & que le 17 Septembre de l'année 1737 le Sieur Rannequin étoit convenu qu'on pouvoit faire faire aux roues plus de deux tours par minute. C'est de quoi j'ai été convaincu plusieurs fois dans le cours de la même année, entre-autre le 26 Décembre avec le Sieur Sirebeau, Fontainier de la Ville, qui m'a accompagné dans la machine, où ayant fait lever les vannes de 5 à 6 pouces, pour que les aubes reçussent l'impression de l'eau sur plus de hauteur que de coutume, j'ai vu le rouet de la roue septentrionale faire 9 tours & demi en une minute, & celui de la roue méridionale en faire dix, ce que j'ai observé pendant une heure. Or puisque le courant dans son état moyen est capable de faire faire aux roues trois tours par minute, malgré les obstacles qu'oppose la mauvaise construction des corps de pompe; & dans le cas où les aubes ne sont pas choquées en plein, c'est une preuve incontestable qu'on pourra les entretenir dans cette vitesse, lorsque les corps de pompes seront rectifiés; mais en voici encore une

une d'un plus grand poids , tiré du calcul de la puissance qui meut la machine.

1125. Les eaux de la rivière , le long du Quai Pelletier étant soutenues par une pessiére , leur niveau est ordinairement plus élevé de 12 ou 13 pouces que celui de l'eau qui coule du Pont Notre-Dame au Pont au Change , comme on en peut juger par plusieurs remarques ; ce qui fait que quand la rivière est dans son état moyen , sa vitesse à la sortie de la seconde & troisième arche du côté du Nord , & qui répondent aux roues de la machine , est de 8 pieds 9 pouces par seconde , ou de 525 pieds par minute , comme j'en ai été convaincu par plusieurs expériences faites avec l'instrument de M. Pitot (614). Il est vrai que quand il se rencontre beaucoup de bateaux , entre le Pont Notre-Dame & le Pont au Change , cette vitesse est un peu retardée ; mais aussi quand cet obstacle ne se rencontre point , il y a des tems où la vitesse de l'eau prise à l'endroit que je viens de dire va jusqu'à 10 pieds par seconde , sans qu'il soit survenu de nouvelles crûes d'eau ; mais nous nous en tiendrons à celle de 8 pieds 9 pouces , qui regne le plus constamment dans le cours de l'année.

*La rivière
viens ordi-
nairement
rencontrer
les aubes ,
avec 8 pieds
9 pouces de
vitesse par
seconde.*

1126. Quand j'ai insinué qu'il falloit que les roues de notre machine fissent trois tours par minute , je n'ai point déterminé cette vitesse au hasard , je l'ai déduit du principe général , auquel doivent être soumises toutes les machines mues par un fluide , sçavoir que pour qu'elles soient capables du plus grand effet , il faut que la vitesse de la roue soit le tiers de celle du courant (588). Or comme nous venons de voir que celui sur lequel nous opérons , étoit capable de faire 525 pieds de chemin par minute , dont le tiers est 175 pieds , divisant ce nombre par 54 pieds , circonférence que décrit le centre d'impression des aubes dans chacune de leur révolution , il viendra $3\frac{1}{3}$, qui montre que pour que la vitesse de la machine soit bien réglée , il faudroit que chacune des roues fit trois tours & un quart de tour par minute : ainsi ne leur faisant faire que trois tours seulement , leur vitesse ne sera gueres éloignée de celle qui leur convient à la rigueur. Il ne s'agit plus que de voir si en les assujettissant à ce point , la force respective du courant sera capable de surmonter le poids des colonnes d'eau que les pistons doivent refouler , y compris la résistance causée par les frottemens.

*Quand les
roues feront
trois tours
par minute
leur vitesse
sera à peu
près le tiers
de celle du
courant.*

1127. Les roues faisant trois tours par minute , leur vitesse dans le même tems sera de 162 pieds , qui étant retranchés de 525 , reste 363 pieds pour la vitesse respective du courant par minute , qui sera de 6 pieds 7 lignes par seconde , répondant dans la troisième Ta-

*La puissance
appliquée
aux roues
est de 3081*

ble du premier Volume, page 259, à un choc de $42 \frac{1}{2}$ lb sur une surface d'un pied carré.

Les aubes ayant 18 pieds de largeur sur 3 pieds de hauteur, (1114) leur superficie est de 54 pieds, qui étant multipliée par $42 \frac{1}{2}$ lb, donne 2308 lb pour la force respective du courant, ou pour l'expression de la puissance appliquée à chacune des roues.

Chaque équipage élève une colonne d'eau du poids de 1955 liv.

1128. Pour estimer le poids de la colonne d'eau que chaque équipage doit refouler, l'on sçaura que dans le tems que la rivière est la plus basse, l'eau n'est jamais élevée à plus de 80 pieds au-dessus de son niveau : or comme le diamètre de toutes nos nouvelles pompes est de 8 pouces (1122), chaque équipage élèvera donc une colonne d'eau de 80 pieds de hauteur, sur 8 pouces de diamètre ; qui pèse 1955 lb.

Calcul de la force nécessaire pour mouvoir les deux équipages qui appartiennent à une même roue.

1129. Si l'on se rappelle (1115) que la vitesse de la colonne que l'Équipage du *petit mouvement* refoule (1107) est le tiers de la vitesse de la roue, l'on verra que le poids & la puissance dans l'état d'équilibre étant dans la raison réciproque de leur vitesse, la puissance qui meut cet équipage sera le tiers du poids, c'est-à-dire, le tiers de 1955 lb, qui est 652 lb qu'il faut multiplier par $\frac{2}{3}$, parce que le mouvement est communiqué à cet équipage par le moyen de l'engrènement d'un rouet & d'une lanterne (290) il viendra 688 lb pour la puissance effective du même équipage, en faisant abstraction du frottement des tourillons, des balanciers, de ceux de la lanterne & de la roue, qui ne sont point assez sensibles pour s'y arrêter, parce qu'on va voir, qu'après nos calculs faits, il nous reste beaucoup plus de force, qu'il n'en faut pour surmonter la résistance qui peut naître de cette part.

Étant prévenu aussi que la colonne d'eau que refoule l'équipage du *grand mouvement* (1108) monte avec une vitesse égale à la moitié de celle de la roue (1116), la puissance qui meut cet équipage sera la moitié du poids ; par conséquent de 978 lb, qu'il faut multiplier par le carré de $\frac{1}{2}$ qui se réduit à peu de choses près à $\frac{1}{4}$, & non pas à $\frac{2}{3}$, comme on l'a rapporté dans les articles 293 & 298, où la réduction du carré de cette fraction a été mal faite ; il viendra après la multiplication 1087 lb pour la puissance effective qui doit mouvoir ce second équipage, en faisant abstraction du frottement des tourillons comme ci-devant. Or si l'on ajoute l'estimation de cette puissance à celle de la précédente, il viendra 1775 lb pour la somme des deux, c'est-à-dire, pour la force qu'il faudra au courant, afin de mouvoir les deux équipages en même tems ; & comme nous venons de voir (1127) qu'il pouvoit exer-

cer sur les aubes une force de 2308 lb, il lui en restera donc une partie équivalente à 533 lb, pour vaincre tous les obstacles dont nous n'avons pas tenu compte, & pour suppléer à la modification du courant, lorsque les aubes qui sont au nombre de 8 à chaque roue, se trouvent dans la situation la plus défavantageuse (1065), sur quoi il est bon d'être prévenu qu'ayant fait l'estimation de tous ces déchets, j'ai trouvé qu'ils ne pouvoient jamais aller à 200 lb; j'ai crû devoir en supprimer le détail, pour ne point employer l'impression à d'aussi petits objets, sur lesquels je me suis assez étendu dans le premier Chapitre du second Livre. Il nous reste à faire voir quel sera le produit de cette machine, lorsque les pompes étant rectifiées, les roues seront chacune trois tours par minute.

1130. Si l'on se rappelle qu'on a vu dans les articles 1115 & 1116 que les pistons d'un équipage du petit mouvement donnoient 12 relevées à chaque tour de roues, & que ceux du grand mouvement en donnoient 18, l'on verra qu'à chaque révolution d'une des roues, les deux équipages qui lui répondent, élèvent ensemble 30 colonnes d'eau de 18 pouces de hauteur (1115), par conséquent les quatre équipages ensemble en élèveront 60, ou une seule de 90 pieds de hauteur sur 8 pouces de diamètre, qui pèse 2200 lb, qui étant divisée par 28 lb, pesanteur d'un pouce d'eau (342), donne 78 lb $\frac{2}{3}$ pouces pour le produit des quatre équipages à chaque tour de roue; d'où il suit que lorsque ces roties seront assujetties à faire trois tours par minute, la machine pourroit fournir dans le même tems 235 $\frac{2}{3}$ pouces; cependant je ne compte que sur 200 pouces pour avoir égard à tous les déchets imprévus, & c'est sur quoi l'on pourra compter lorsque la rivière sera dans son état moyen, c'est-à-dire lorsqu'elle aura 8 à 9 pieds de vitesse par seconde dans l'endroit où je l'ai mesuré.

1131. Tout ce que nous venons d'exposer étant fondé sur des expériences & sur des principes incontestables, nous sommes sûrs que l'événement sera conforme à nos calculs, pourvu que les roues soient assujetties à faire trois tours par minutes, sans souffrir qu'on modifie l'action de cette vitesse dans le tems que la rivière en sera capable, ce qu'on peut toujours espérer, excepté pendant les sécheresses extraordinaires; alors comme le courant a moins de vitesse que dans son état moyen, on augmente la superficie des aubes, en y ajoutant des planches; sur quoi je serai remarquer que les roues de cette machine seroient beaucoup plus avantageuses, si au lieu de 8 aubes, elles n'en avoient que 6, de chacune 5 pieds de hauteur, pour les raisons que nous avons rapporté au su-

Calcul par lequel on prouve que quand les pompes seront rectifiées, elles élèveront au moins 200 pouces d'eau.

Les roues qui sont à cette Machine se trouvent bien plus parfaites, si elles n'avoient que six aubes au lieu de 8.

jet de la Samaritaine dans les articles 1061 , 1062 , 1069 , auxquels je renvoie , c'est pourquoi il conviendrait de s'y conformer la première fois qu'on voudra renouveler ces roues , pour n'avoir point la sujétion d'augmenter la hauteur des aubes quand la rivière est basse ; au reste je passe à l'explication de mes nouvelles pompes , qui pourront servir de modèles pour toutes celles qu'on voudra faire à l'avenir , ayant été généralement approuvées des habiles gens qui les ont examinées.

Explication des nouvelles Pompes qu'on a exécutées pour rétablir la Machine appliquée au Pont Notre-Dame

1132. Les nouvelles pompes que nous allons décrire sont si simples & si éloignées de tout ce qui peut exciter l'admiration , qu'on sera sans doute surpris qu'elles n'aient point été imaginées plutôt , & qu'on ait fait si long-tems usage des anciennes , sans en avoir aperçu les défauts ; mais comme l'a dit fort à propos M. de Fontenelle dans son Histoire de l'Académie , *les idées les plus naturelles , ne sont pas celles qui se présentent le plus naturellement*. Pour bien juger de l'effet des pompes , il falloit raisonner selon les principes d'une Théorie , dont les Ouvriers ne sont gueres à portée d'être instruits ; d'ailleurs quand les choses se trouvent autorisées par un long usage , on ne s'avise gueres de soupçonner qu'elles sont fort éloignées de leur perfection , elles se transmettent d'un siècle à l'autre avec la même confiance , & ce n'est pas sans peine qu'on parvient à leur faire prendre une disposition plus avantageuse ; le renouvellement de la Philosophie nous en fournit un bel exemple ; mais pour ne point m'engager dans des réflexions qui pourroient me distraire de mon sujet , je passe à la description dont il s'agit.

1133. Si l'on considère les figures comprises sur la quatrième planche , l'on y verra les plans , profils & élévations des nouvelles pompes , qui n'ont aucun des défauts des anciennes , ayant supprimé la soupape à coquille , pour en substituer une autre qui laisse à l'eau que refoule les pistons , toute la liberté du passage , comme on en peut juger par la troisième figure , qui comprend l'intérieur des pompes refoulantes d'un équipage où cette soupape se trouve représentée dans les différens sens où elle peut être aperçue , lorsque les pompes agissent , & mieux encore par les développemens rapportés sur la cinquième planche , dont la huitième figure exprime cette soupape , vue horizontalement séparée de son pallier ; la neuvième , le même pallier accompagné

Développemens d'une nouvelle soupape.

FIG. 1. 4.
& 5.

d'une languette pour être serrée entre les brides des corps de pompes & de leurs branches; la treizième, un profil de l'effieu de la soupape, pour faire voir de quelle manière il y est uni avec des vis & écrous; la quatorzième, un profil du pallier séparé de la soupape; la quinzième, une vue horizontale de cette soupape enfermée dans son pallier, pour faire voir comme les tourillons sont retenus par en haut avec des fusbandes attachées avec des vis; la seizième est un profil de la soupape & de son pallier dans la situation précédente: enfin la dix-septième, un autre profil du pallier & de la soupape quand elle est ouverte.

1134. Cette soupape est composée d'un diaphragme circulaire & mobile sur les tourillons C, D, d'un axe EF, dont le milieu ne passe point par le centre G, s'en trouvant éloigné de la douzième partie du diamètre AB, qu'on suppose un peu plus grand que celui des corps de pompes, c'est-à-dire, que ce diamètre étant divisé en 12 parties égales, l'intervalle AH en comprend sept, & l'autre HB cinq.

1135. L'on remarquera aussi que le centre I de l'axe EF (fig. 17) se trouve éloigné du milieu de l'épaisseur du diaphragme AB, d'une distance IH, égale aussi à la douzième partie du diamètre AB, ce qui fait naître un levier coudé KIH, dont le plus petit bras IK répond aux frottemens des tourillons, & l'autre IH soutient à son extrémité H le poids de la soupape, qui ne peut rester ouverte, à moins qu'elle n'y soit contrainte par une force étrangère.

1136. Les segmens inégaux dont cette soupape se trouve composée, sont accompagnés de rebords en chanfrein AL, BM, disposés dans un sens contraire, afin que quand elle est fermée, le premier AL qui répond au plus grand segment puisse s'appuyer de haut en bas, sur le bord supérieur OP du pallier, & l'autre BM de bas en haut contre le bord inférieur QR, avec lesquels la soupape doit s'emboîter parfaitement.

1137. Quand le piston refoule, l'eau pousse de bas en haut la soupape (fig. 16.) mais avec beaucoup plus de force contre le grand segment HA, que contre le petit HB, dans la raison du produit de la superficie de chacun de ces segmens par le bras de levier qui lui répond, c'est-à-dire, par la distance de son centre de gravité à son centre de mouvement; alors la soupape s'ouvre pour se mettre dans une situation verticale (fig. 17) au milieu du cercle de son pallier, parce que le bras de levier IH a autant rejeté le point H vers le centre du pallier, qu'il s'en trouvoit éloigné quand la soupape étoit fermée, & l'eau passe librement des deux côtés du diaphragme sans rencontrer aucun obstacle, parce que le cercle du pallier a été

Le centre de mouvement de cette soupape, est éloigné de son centre de grandeur de la douzième partie de son diamètre.

PLAN. 5.
FIG. 8.
& 17.

Cette soupape a un bras de levier égal à la douzième partie de son diamètre.

Les rebords des segmens de cette soupape sont dans une opposition.

FIG. 16.
& 17.

Explication du sens de cette soupape.

fait un peu plus grand que celui du corps de pompe, pour avoir égard à la place que peut occuper la soupape; ainsi le premier & second défaut des anciennes pompes (1117, 1118) se trouvent entièrement corrigés.

1138. D'autre part, au premier instant que le piston commence à descendre, la soupape cessant d'être soutenue par l'eau qui montoit, se referme entraînée par son propre poids, qui agit à l'extrémité de son bras de levier, sans aucune opposition que celle du frottement des tourillons; alors la colonne d'eau qui est dessus s'appuyant beaucoup plus sur le grand segment que sur le petit, il est impossible que la soupape puisse s'ouvrir d'elle-même, au contraire, plus le poids de la colonne qu'elle soutiendra sera grand, & mieux les bords s'appuyent contre leurs palliers.

*Explication
des figures
qui facilitent
l'intelligence
des
nouveaux
corps de
pompe.*

1139. Pour avoir lieu de donner plus de superficie au cercle intérieur du pallier que n'en a celui du piston (1134) l'on a évasé le sommet DE de chaque corps de pompe CDEF, de même que leur chapiteau GHIK, pour suppléer au volume qu'occupe la soupape AB quand elle est ouverte, afin que l'eau qui est refoulée ne soit contrainte en aucun endroit.

PLAN. 4. Pour la même raison, on a supprimé la *fourche* des anciennes pompes (1111), & on a substitué en sa place un *réceptif* NOPQR, qui ne fait qu'une seule pièce avec les trois chapiteaux GHIK, ayant été fondus ensemble; ainsi l'on voit que l'eau refoulée par les pistons vient se réunir dans le réceptif, pour passer de-là dans le tuyau montant, & que par ce moyen le troisième défaut (1119) se trouve entièrement corrigé.

FIG. 3.

La première figure représente extérieurement l'union des corps de pompes avec leurs chapiteaux; & le réceptif accompagné d'un cordon M, servant à soutenir le tout sur les moises dont ce réceptif doit être embrassé. La seconde est une coupe qui passe par la verticale ST, faisant voir l'intérieur du réceptif à l'endroit SL, la forme extérieure du corps de pompe qui est dans le milieu, & le profil du cordon M du réceptif.

La quatrième est une autre coupe qui passe par la verticale VX pour montrer l'intérieur du réceptif du chapiteau & du corps de pompe qui est dans le milieu, avec la disposition où se trouve la soupape AB quand elle est ouverte & *vis* en face.

La sixième est une coupe horizontale prise sur l'alignement YZ, qui représente le sommet des corps de pompes refoulans, leur bride & leur évasement DE. Enfin la septième est une autre coupe horizontale prise sur l'alignement NR du réceptif pour en faire

voir le fond & son union, avec le colet HI des chapiteaux, dont le diametre en cet endroit est égal à celui des corps de pompes.

1140. Quand à la cinquième figure, elle comprend un profil qui monte la communication des pompes aspirantes & refoulantes par le moyen de la bache qui leur est commune, & des pistons qui doivent jouer en même tems dans l'un & l'autre pour aspirer & refouler l'eau; & comme ces pistons n'ont rien de commun avec ceux dont on s'est servi jusqu'à présent, en voici l'explication.

1141. Pour rendre un piston exempt de défauts, il faut que sa construction soit assujettie à quatre conditions essentielles.

*Conditions
qui peuvent
rendre un
piston ac-
compl.*

La première, qu'il soit percé d'une ouverture assez grande pour que l'eau qui doit le traverser puisse remplir entièrement le corps de pompe dans le tems que le piston manœuvre (953, 954).

La seconde, que la soupape qui ferme le passage, laisse à l'eau une entière liberté de monter, & que lorsqu'elle est baissée elle soit bien étanchée.

La troisième, que l'axe du piston se trouve toujours vertical, malgré l'obliquité que reçoit la tige dans le mouvement des balanciers ou des manivelles pour éviter toute contrainte; afin que le cuir qui entoure le piston ne fatigue pas plus d'un côté que de l'autre.

La quatrième, que le cuir qui cause l'adhésion du piston à la surface intérieure du corps de pompe, soit tellement disposé, qu'il puisse durer long-tems, pour éviter les fréquentes réparations que cette partie occasionne, & qui est cause qu'il arrive souvent qu'un ou plusieurs équipages sont obligés de chômer, à quoi l'on peut ajouter que pour que le piston soit accompli, il doit être le plus solide qu'il est possible, puisque c'est de toutes les pièces d'une pompe, celle qui fatigue davantage; ce sont ces conditions que l'on a fait en sorte de remplir dans la construction du piston que nous avons imaginé.

1142. Le corps de ce piston est composé d'une boete de fonte ICDK, servant de noyau à un nombre de rondelles de cuir GH pressées les unes sur les autres, ayant pour base une saillie EF, qui regne autour de la boete en forme de corniche.

*Description
d'un nou-
veau piston
refoulant,
faite selon les
conditions
précédentes*

La surface extérieure de cette boete vers le sommet CD est taillée en vis pour s'ajuster avec un anneau AB, servant d'écrou, & à presser les rondelles de cuir autant qu'il est possible, ensuite l'on a appliqué sur cet anneau une soupape à bascule, semblable à celle que nous venons de décrire, retenue par quatre vis.

PLAN. 5.
FIG. 10.
11. 12.
& 20.

Le bas de la boete est terminé par deux oreilles I, K, percées

pout recevoir un boulon LM, servant à enfile une fourche NO, dont le manche P, n'est autre chose que la tige du piston, laquelle peut jouer librement autour de son boulon; ainsi quand le piston sera logé dans le corps de pompe, & que les balanciers ou les manivelles feront sortir la tige de la direction verticale, le piston s'y maintiendra & laissera prendre à la tige les obliquités que l'action de la machine peut faire naître, sans que le piston en reçoive aucune contrainte, ce qui satisfait à la troisième condition.

Les rondelles de cuir étant appliquées les unes sur les autres, composeront ensemble un corps incomparablement plus solide que s'il n'y avoit autour de la boete qu'une bande comme à l'ordinaire, parce que le cuir est capable d'une bien plus grande résistance sur sa tranche que sur sa surface; d'ailleurs l'adhésion en sera bien plus parfaite, parce qu'à mesure que le cuir s'usera par le frottement, il sera renouvelé pout ainsi dire par les parties contigues, qui sont poussées en dehors pour sortir de la contrainte où elles sont refoulées, l'eau dont elles sont imbibées les faisant tendre à occuper un plus grand volume; & comme elles ne peuvent se dilater que vers les parois du corps de pompe, ces rondelles serviront long-tems sans être obligé de les renouveler, d'autant mieux qu'elles ne fatigueront jamais plus d'un côté que de l'autre, ce qui satisfait à la quatrième condition.

La boete de ce piston étant de cuivre, on pourra toujours faire son diametre intérieur; au moins aussi grand que celui du tuyau d'aspiration; & comme le trou de la soupape est supposé avoir le même diametre que celui de cette boete, l'on voit que quand le piston descendra, il pourra passer au travers, au moins autant d'eau qu'il en doit refouler en montant, & qu'il en pourroit même monter bien plus que le corps de pompe n'en peut contenir, parce que le poids de l'air agit en plein sur la surface de l'eau qui est dans les baches, ce qui satisfait à la première & seconde conditions.

Description 1143. A l'égard du piston aspirant, il est entierement construit dans le goût du précédent; toute la différence, c'est que la saillie AB doit être en haut, de même que les oreilles CD qui servent à suspendre le piston à la fourche E qui lui tient lieu de tige; ainsi la vis & l'anneau FG doivent être placés au bas de la boete H, pour

soutenir & serrer les rondelles de cuir IK. Quant à la soupape, l'on voit dans la vingt-unième figure qui représente le dessus du piston, vu horizontalement, que la languette du pallicr est échancrée à l'endroit des oreilles OP, & qu'il ne reste de cette languette que les

PLAN. 5.
FIG. 18.
19. & 21.

les deux parties MN, attachées sur le rebord AB avec des vis.

Comme la dix-huitième figure représente bien naturellement le profil de ce piston, & la dix-neuvième, la disposition extérieure de la boîte & de toutes les parties qui l'accompagnent, excepté les rondelles de cuir qu'on a supprimé pour n'en point cacher le corps; je ne m'y arrêterai pas davantage, parce que tout ce que j'ai dit, au sujet du piston précédent, peut être appliqué à celui-ci.

1144. Pour juger du rapport des parties de la soupape développée sur la cinquième Planche, relativement à la grosseur du corps de Pompe où l'on voudra l'employer, il faut être prévenu qu'on a pris le diamètre du corps de Pompe divisé en huit parties égales, & la première encore subdivisée, pour l'échelle dont on s'est servi, & qu'on en a usé de même pour celle des pistons, c'est-à-dire, que les parties du diamètre du corps de Pompe doivent être considérées comme arbitraires, ainsi que les modules dans l'Architecture Civile.

Les mesures qui déterminent les parties de la soupape & des pistons précédents, sont prises sur le diamètre du corps de Pompe.

Par exemple, l'on veut savoir quel doit être le diamètre intérieur du palier de la soupape, il faut le prendre avec le compas dans la neuvième Figure, le porter sur l'échelle, on le trouvera de huit parties & demie, c'est-à-dire, que si le diamètre du corps de Pompe est de 8 pouces, celui du palier de la soupape sera de 8 pouces 6 lignes.

De même, l'on demande quel doit être le diamètre intérieur de la boîte du piston refoulant; je prends dans la dixième Figure ce diamètre, & l'ayant rapporté à l'échelle, je trouve qu'il contient huit parties & demie, qui montre que si ce diamètre est encore de 8 pouces, celui de cette boîte sera de 8 pouces 6 lignes, ainsi des autres; car quoique l'échelle qui appartient aux pistons paroisse moins grande que celle de la soupape, cela n'empêche pas que l'une & l'autre ne puisse appartenir à la même Pompe, n'ayant fait celle des pistons plus petite, qu'afin de pouvoir rassembler leurs développemens sur la même planche.

1145. Il nous reste à donner la manière de tracer l'évasement supérieur des corps de Pompe & la figure de leurs Chapiteaux. Pour commencer par l'évasement des Pompes, il faut diviser le diamètre AB en 8 parties égales, que nous nommerons modules; sur le milieu on élèvera la perpendiculaire CD que l'on fera de 3 modules; par le point D on fera passer la ligne HG parallèle au diamètre AB, & du point D comme centre, avec le rayon DA ou DB, on décrira les arcs AE & BF, qui formeront l'évasement AEFB.

Manière de tracer les corps de Pompes, leur chapiteaux & les pistons.

PLAN. 3.
FIG. 8.

Il faut que la largeur des rebords E H & F G soit plus grande d'un module que l'épaisseur qu'on donnera au métal des Pompes, relativement à l'effort qu'ils auront à soutenir, & que les saillies O soient d'un demi module.

Pour tracer le profil des chapiteaux, il faut commencer par décrire un rectangle I Z L K, dont la base I K soit de 11 modules, & la hauteur I Z de 2; ensuite tracer sur milieu de la ligne I K un autre rectangle M T X N, dont la base M N soit égale au diamètre A B du corps de Pompe, & la hauteur M T de 6 modules.

Cela posé, on divisera la ligne Z L en trois parties égales aux points Q, R, & de ces points comme centre, on décrira les arcs Z T & L X; enfin on prolongera les perpendiculaires M T, Z X de la hauteur T V, X Y de $2\frac{1}{2}$ modules, pour avoir le rectangle T V Y X, qui marquera l'intérieur du collet du chapiteau.

Après cette construction qui sert à former les noyaux dont le Fondateur a besoin, il ne reste plus qu'à déterminer l'épaisseur du métal, en se conformant à l'article 950, & on observera de fortifier les rebords H E & F G des corps de Pompes par les quarts de rond P.

PLAN. 4. Pour dire aussi un mot du récipient N O Q R, l'on déterminera la longueur N R de sa base, selon le nombre des corps de pompes qu'il faudra accoler: par exemple, quand il y en aura trois, on fera N R quintuple du diamètre des corps de pompes, & triple, lorsqu'il n'y en aura que deux. Si je ne me suis pas conformé à cette règle, c'est que j'ai été assujéti à la disposition des parties de la Machine du Pont Notre-Dame. À l'égard de la largeur intérieure du récipient, il faut qu'elle soit égale au diamètre des corps de pompe, & lui donner le plus de hauteur qu'il est possible, pour diminuer l'inclinaison de ses côtés.

*Disposition
qu'il faut
donner aux
nouvelles
Pompes,
lorsque les
pistons re-
foulent de
haut en bas.*

1146. Ayant fait remarquer dans les articles 999, 1011 & 1012, le défaut des pompes du Val-Saint Pierre, qui étoit cause qu'elles ne fournissent que dix muids d'eau par heure, au lieu de quinze qu'elles pourroient produire, si elles étoient rectifiées, je me suis réservé de faire voir dans celui-ci la manière de rendre ces pompes parfaites, afin qu'étant prévenu de ce que je viens d'insinuer sur celles du Pont Notre-Dame, l'on entrât plus facilement dans mes vûes, & je profiterai de cette occasion pour montrer la disposition qu'il faut donner aux pompes, lorsqu'on veut que les pistons refoulent de haut en bas.

Je suppose qu'il s'agit d'une Machine qui doit faire mouvoir trois pistons pour refouler de haut en-bas l'eau de leur corps de pompe dans un même tuyau montant, enforte qu'elle ne rencontre aucun obstacle en chemin, pour que la puissance soit totalement employée à remplir sa principale fonction; que l'on a déterminé la levée des mêmes pistons par rapport à la construction de la Machine, pour connoître la hauteur qu'il faudra donner aux corps de pompes, & qu'on a trouvé leur diamètre, relativement à la force du moteur & à l'élévation du réservoir au-dessus de la source, en suivant la règle rapportée à la page 168.

Cela posé, considérez la première Figure de la Planche sixième, qui représente le profil des parties d'une pompe dont le diamètre est supposé de 8 pouces, & la levée des pistons de 20. Ce profil comprend trois pièces principales; la première, le corps de pompe ABCD fondu avec le rameau EFDG, dont le diamètre intérieur est égal à celui du piston; la seconde, la branche FGHIK, évasée à sa sortie pour les raisons rapportées dans l'article 1139; la troisième, le récipient LNO M, fondu avec les chapiteaux K L M I.

A l'égard des soupapes placées au fond CD des corps de pompes, & à la sortie KI des branches, on suppose qu'elles sont faites à bascule, comme elles sont décrites dans les articles 1134, 1137, 1138, & que tous les endroits par où doit passer l'eau sont au moins aussi grands que le cercle du piston; que ceux du collet NPQO & du tuyau montant ont une superficie double de celle du cercle du piston, afin d'avoir égard à l'article 898.

PLAN. 6.
Fig. 1.

Les Figures 2 & 3 expriment l'élévation extérieure de cette pompe, considérée de côté & en face du récipient; la quatrième, le profil du récipient, des chapiteaux & du coude des branches; la cinquième représente, à vue d'oiseau, la jonction des corps de pompes, des branches & du récipient; & la sixième la coupe horizontale des corps de pompes, accompagnés de leurs branches.

Pour faire sentir de quelle manière cet équipage doit être établi solidement, l'on voit dans la première, seconde & cinquième Figure que les corps de pompes sont entretenus ensemble par des moises RS liées avec des bandes de fer; que les branches sont encastrées & arrêtées sur une semelle TV, & que le récipient est soutenu par des moises XY. J'ajouterai qu'on a re-

F f j

présenté dans la première & seconde Figure le tuyau d'aspiration Z, dont les pompes doivent être accompagnées lorsqu'elles ne répondent point immédiatement à la source, comme on l'a supposé dans l'article 1003.

1147. Il est bon de remarquer en passant, que lorsqu'on veut accoler deux pompes pour les incendies, comme celle qui est représentée sur la treizième Planche du Chapitre précédent, il convient, pour les rendre exemptes de défaut, de les faire dans le goût de celles que je viens de décrire, c'est-à-dire, qu'au lieu d'aboutir à une fourche, il faut qu'elles répondent à deux branches unies à un récipient, & n'y employer que des soupapes à bascules, & des pistons comme celui qui est décrit dans l'article 957.

1148. Ayant fait remarquer aussi dans l'article 1055, que les pompes de la Samaritaine avoient le même défaut que celle du Val-Saint-Pierre & du Pont Notre-Dame, j'ai rapporté les Figures 7 & 8, qui montrent la forme qu'il faudroit donner à chaque équipage de cette Machine, pour la rendre capable d'un produit proportionné à la force du courant qui la fait agir. Comme ces Figures sont exprimées si naturellement, qu'il ne faut qu'un coup d'œil pour juger de leur objet, & que l'on trouvera avec le secours de l'échelle le rapport de leurs parties, je ne m'y arrêterai pas davantage.

Ayant insinué dans l'article 317, qu'on ne devoit point commencer une Machine sans avoir fait auparavant un Devis bien circonstancié des dimensions & façons qui convenoient à chaque pièce, je vais rapporter pour exemple celui que j'ai remis au Fondeur pour la construction des pompes du Pont Notre-Dame.

Devis des nouvelles Pompes pour la rectification de la Machine appliquée au Pont Notre-Dame à Paris.

ARTICLE PREMIER.

PLAN. 4. Les corps de pompes refoulans seront au nombre de trois, FIG. 1. accolés pour chaque équipage, ce qui fait douze corps de pompes pour les quatre équipages ensemble, lesquels doivent être uniformes dans les dimensions, comme ils sont représentés par le Corps de l'ouïe, l'élévation & le profil d'un de ces équipages.

II.

Les dessiner Pour plus d'intelligence, l'on a dessiné en grand les principales parties d'un corps de pompe & du chapiteau qui lui répond,

afin que l'un & l'autre pussent servir de modele au Fondeur, qui n'aura qu'à imiter exactement trait pour trait ce qui est exprimé dans le dessein.

Le diamètre intérieur AB de chaque corps de pompe, sera de 8 pouces, & le diamètre extérieur de 9 pouces 8 lignes, afin que l'épaisseur du métal soit de 10 lignes.

*nés au Fon-
deur dans la
grandeur
naturelle
des parties
dont on par-
le ici.*

PLAN. 3.
FIG. 8.

III.

La hauteur des corps de pompes sera de 32 pouces entre leurs extrémités, celle d'en bas sera évasée de 8 lignes sur la hauteur de 2 pouces, c'est-à-dire, que pour faciliter l'introduction du piston, l'entrée des corps de pompes aura 8 pouces 8 lignes de diamètre.

IV.

A l'égard du diamètre EF de l'extrémité supérieure qui répond à la sortie de l'eau, il doit être de 10 pouces, afin de former un évasement AEFB sur une hauteur CD de 3 pouces.

Pour tracer cet évasement, on décrira du centre D & de l'intervalle DA les portions de cercle AE & BF.

Le diamètre extérieur HG de la même extrémité, doit être de 13 pouces 8 lignes, afin d'avoir une couronne d'un pouce 10 lignes de largeur, pour la jonction du corps de pompe & de son chapiteau.

V.

La largeur de la saillie HG servant de cordon, sera de 6 lignes sur une épaisseur HO ou GO de 10 lignes, & l'on fera immédiatement après ce cordon un quart de rond P, de 8 lignes de rayon.

VI.

Chaque corps de pompe sera accompagné de quatre brides, PLAN. 4. (Fig. 6.) pour l'unir à son chapiteau.

VII.

Chaque corps de pompe sera percé bien droit, parfaitement cylindrique, bien alaisé, & leur surface intérieure aussi polie qu'il se pourra; c'est à quoi le Fondeur aura grande attention, cette partie exigeant d'être achevée avec beaucoup de soin.

VIII.

Les chapiteaux seront figurés intérieurement, comme le re- Chapit. ans.
F iij

PLAN. 3. présente leur profil. Leur grand diamètre I K fera de 11 pouces, pris intérieurement, & le diamètre extérieur de 13 pouces 8 lignes; ainsi la faillie du cordon fera de 6 lignes, & l'épaisseur de ce chapiteau de 10.

IX.

Pour tracer le chapiteau, on prendra sur le diamètre M K les parties I M & M K chacune d'un pouce 6 lignes, on élèvera aux points M, N des perpendiculaires indéfinies, on élèvera aussi les perpendiculaires I Z, K N de 2 pouces, on menera la parallèle Z L à la ligne I K, on la divisera en trois parties égales aux points Q, R, & de ces points comme centre avec les rayons R Z & Q L, on décrira les arcs Z T, L X, qui venant rencontrer les perpendiculaires élevées aux points M, N, détermineront la concavité du chapiteau, dont on aura le collet en donnant aux lignes T V, Z Y 2 pouces 6 lignes.

X.

Chaque chapiteau sera accompagné de quatre brides disposées de manière à pouvoir se raccorder exactement avec celles des corps de Pompes, pour les unir ensemble par des vis & écrous, comme à l'ordinaire; au surplus, il faut que ces chapiteaux soient bien alaisés, & la surface intérieure adoucie comme celle des corps de pompes.

XI.

L'intervalle du collet d'un chapiteau à celui de l'autre doit être de 4 pouces 8 lignes pris extérieurement; alors selon les mesures précédentes, la distance d'un corps de pompe à l'autre sera aussi de 4 pouces 8 lignes.

XII.

Récepteur. Les trois chapiteaux qui répondent à chaque équipage seront mis & fondus avec un récepteur M N O Q R, destiné pour la communication de l'eau des corps de pompes dans le tuyau montant: ce récepteur aura par le bas intérieurement dans sa longueur N R 35 pouces 4 lignes, sur une largeur de 8 pouces prise aussi intérieurement.

PLAN. 4.

FIG. 3.

XIII.

La hauteur de ce récepteur comprise entre O Q & N R, sera de 23 pouces, & son sommet se terminera à un collet O P Q de 8 pouces de diamètre sur une hauteur de 4 pouces, observant que si

On pouvoit avoir des tuyaux montans du calibre de 12 pouces, il faudroit donner à ce collet 12 pouces de diamètre au lieu de 8.

Le Fondeur prendra bien garde de faire enforte que le centre de ce collet réponde précisément dans le milieu de l'intervalle qui se trouve entre le premier & second corps de pompe, afin que le second tuyau montant n'empêche pas le jeu des cadres ou chassis qui portent les pistons.

XIV.

Pour juger de quelle maniere le récipient & les chapiteaux des corps de pompes doivent être unis ensemble, il faut considérer les Figures seconde & quatrième, qui sont des profils, dont le premier fait voir que le fond **ALB** du récipient est fait en demi-cercle, & le second que les faces opposées du même récipient sont réunies par une courbure **ABC**, formant aussi un demi-cercle de 8 pouces de diamètre.

PLAN. 4.
FIG. 2.
& 4.

XV.

L'épaisseur du récipient doit être de 16 lignes & régner uniformément depuis le sommet jusqu'à l'alignement **EF** du raccordement des chapiteaux.

XVI.

La surface extérieure du récipient sera accompagnée d'un cordon placé dans le milieu de sa hauteur; ce cordon aura une saillie de 2 pouces sur une épaisseur d'un pouce, raccordé en chanfrein avec la surface du récipient; son objet est de soutenir le récipient sur les moises qui doivent l'embrasser.

XVII.

Pour faciliter le raccordement du collet du récipient avec le tuyau montant, & faire enforte que ce tuyau soit incliné de maniere à pouvoir passer dans les ouvertures pratiquées au plancher de la cage de la Machine, on les joindra par un tuyau de fonte incliné, selon le profil qui sera donné au Fondeur; ainsi ce tuyau doit être accompagné de brides à ses deux extrémités pour l'unir avec le collet du récipient, & le tuyau montant.

POMPES ASPIRANTES.

XVIII.

Les corps de pompes d'aspiration servant à élever l'eau dans les baches auront intérieurement 8 pouces 3 lignes de diamètre sur 30 pouces de hauteur, & 8 lignes d'épaisseur, & on leur fera des rebords pour les soutenir dans le fond des baches; ils seront alaisés & conditionnés comme ceux de l'article septième.

XIX.

L'entrée de ces corps de pompes sera évasée de 8 lignes sur 2 pouces de hauteur, comme dans l'article 3, pour faciliter l'introduction du piston.

XX.

Ces corps de pompes doivent être placés dans le fond des baches à 4 pouces 10 lignes de distance l'un de l'autre, de manière que leur axe & celui des pompes supérieures soient dans une même verticale, afin que les uns & les autres se répondent parfaitement, observant qu'il y ait 21 ou 22 pouces de distance, entre les pompes supérieures & inférieures, afin que le jeu de leur piston puisse se faire librement; ainsi l'on voit que la position des pompes supérieures doit se faire relativement aux inférieures.

XXI.

L'on ne parle point dans ce Devis de la manière dont les soupapes & pistons doivent être conditionnés, parce qu'on en remettra des modèles au Fondateur, auxquels il faudra qu'il se conforme en tout point, n'étant pas possible d'exprimer par écrit la Figure & la disposition d'un grand nombre de petites parties, dont on ne peut avoir l'intelligence sans le secours des reliefs.

XXII.

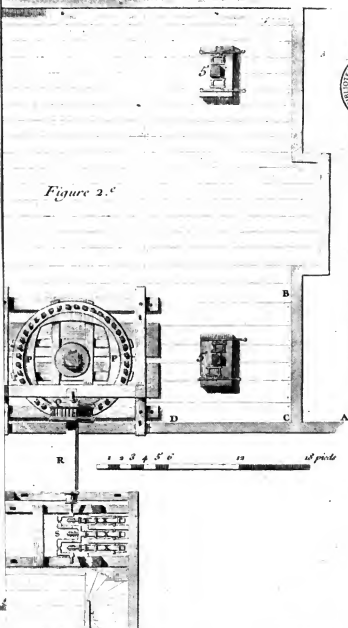
Le fondeur se conformera exactement à tous les articles du présent Devis, il prendra garde sur toute chose que la Fonte soit de bonne matière, qu'il ne s'y rencontre aucune soufflure ou gersure, devant s'attendre que son Ouvrage sera visité scrupuleusement avant la réception; que si l'on y trouve quelque défaut, il sera tenu de recommencer à ses frais les pièces qui ne seront pas trouvées suffisamment bien conditionnées, sans qu'il puisse prétendre aucun dédommagement, puisque ce n'est qu'à ces conditions que les Ouvrages ci-dessus mentionnés lui ont été accordés.

Ce

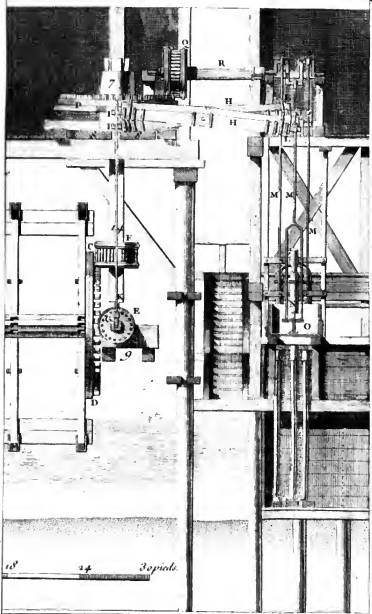
à Paris



Figure 2.^e



me à Paris.



Pompes
à même

5^{re}

Fig. 8.^e

Deſſin pour régler les proportions
des Pompes de la Nouvelle invention

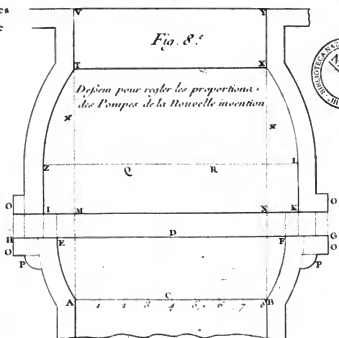
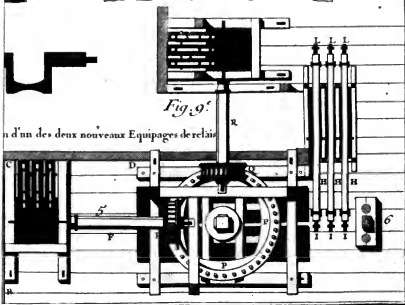


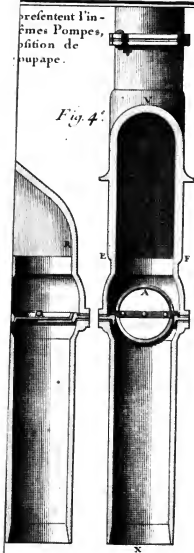
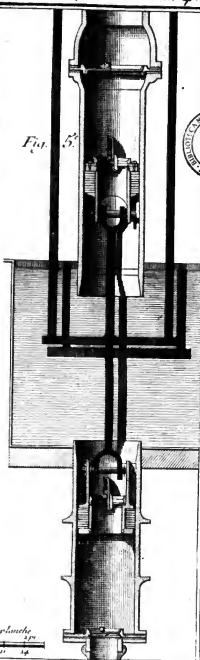
Fig. 9.^e

n d'un des deux nouveaux Equipages de relaiſ

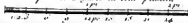




présentent l'in-
fimes Pompes,
osition de
oupape.

Fig. 4.^eFig. 5.^e

Echelle pour les Figures de cette planche



dépoumens d'un nouveau Piston.

Fig. 12.

10.

Fig. 11.

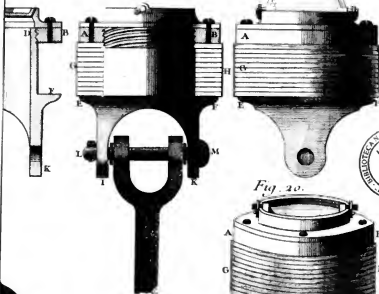


Fig. 20.

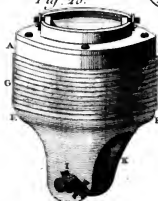


Fig. 21.

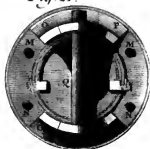
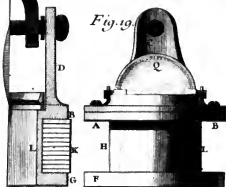
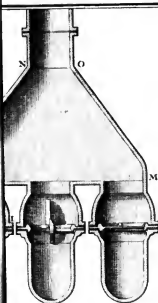


Fig. 19.



Sur les Pistons
de Pompe





tion, lorsque les Pistons

Fig. 6.^e

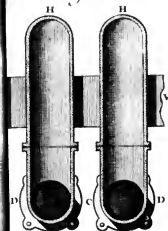


Fig. 7.^e

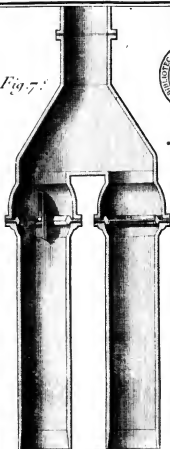


Fig. 8.^e

les Figures de cette Plaque

2 3 4



Ce Devis a été exécuté à la lettre de la part de ceux qui sont en possession de travailler pour la Ville, j'ajouterais seulement que les soupapes à bascules, d'un diamètre extraordinaire, comme de 9 ou 10 pouces, ne réussissant pas aussi bien que quand ce diamètre n'a que 3, 4, 5 ou 6 pouces. Nous n'avons point hésité d'y substituer des clapets à peu près semblables à celui qui est exprimé dans la cinquième figure de la quatrième planche du troisième Livre; l'expérience nous a aussi montré dans le cours de ce travail, que les pistons de bois feroient le même effet que ceux de cuivre, lorsqu'on prendroit de justes mesures, pour que les corps de pompes ne fussent point rayés par la tête des clous qui attachent les cuirs, & que le passage de l'eau à travers le piston, fût le plus aisé qu'il est possible. D'ailleurs quand les Ouvriers sont dans l'usage de certaines pratiques, on ne peut gueres se promettre qu'ils en adoptent d'autres, quoique meilleurs, sur tout quand elles intéressent l'entretien d'une machine : c'est pourquoi le parti le plus sage est toujours de concilier l'avantage de l'objet, avec ce qui demande le moins de sujétion de la part des Ouvriers, pour modérer autant qu'il se peut la repugnance qu'ils ont à changer de méthode. Au reste, peu importe de quelle manière l'on fasse les pistons & soupapes pourvu qu'ils remplissent bien leurs objets, & que l'eau qui refoule les pistons ne rencontre point d'obstacles sensibles, qui absorbent une partie de la puissance motrice.

Ayant eu égard à ces considérations, nous avons eu la satisfaction de voir moyennant une modique dépense, que l'équipage répondant à la roue qui regarde le Quai Pelletier que nous avons rectifié, produit cent pouces d'eau, & continue de les donner, ainsi que nous l'avions promis au Bureau de la Ville, au lieu de 50 qu'il élevoit auparavant, par le seul changement des corps de pompe récipiens qui les couronnent, & tuyaux montans, qui ont parisi si naturels à ceux qui en ont bien entendus la mécanique, qu'elles son aujourd'hui imitées à Paris, & dans les Provinces; parce que l'on a enfin senti l'avantage qu'il y avoit de faire le passage de l'eau, depuis l'endroit des pistons, jusques aux cuvettes ou réservoirs d'un diamètre au moins égal à celui des corps des pompes.

Fin du troisième Livre.





ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

Ou l'Art de conduire, d'élever & de ménager
les Eaux pour les différens besoins de la vie.

LIVRE QUATRIÈME,

*Qui comprend la Description de plusieurs nouvelles Machines pour élever
l'Eau; la manière de la conduire & de la distribuer aux Fontaines
publiques, de la faire jaillir dans les Jardins de plaisance, & de la
conserver dans les Reservoirs & Bassins.*

CHAPITRE PREMIER.

Où l'on donne plusieurs moyens pour élever aussi haut que l'on voudra
l'Eau d'une chute, au-dessus de son niveau.

1149.



DEPUIS qu'on a eu recours aux eaux de la rivi-
re de Seine, pour augmenter dans Paris le
nombre des fontaines publiques, Messieurs
les Prevôt des Marchands & Echevins, ont
toujours désiré d'en faire monter sur la Pla-
ce de l'Estrapade, où il n'y en a pas, non
plus que dans les environs; mais comme ce quartier est le plus
élevé de Paris, son rez-de-chaussée se trouvant supérieur au lit
G gij

*Discours
préliminaire,
servant
de suite au
Projet dé-
veloppé dans
le Chapitre
précédent.*

de la rivière d'environ 105 pieds, & éloigné de 680 toises; ce projet n'a pas encore été entamé, à cause des difficultés que présentait l'exécution, & la dépense extraordinaire qu'on estimait qu'il falloit pour le remplir.

Prévenu que les cuvettes de la machine appliquée au Pont Notre-Dame sont élevées de 81 pieds (1128) au-dessus du lit de la rivière, l'on sçaura que le rez-de-chaussée de l'Estrapade est d'environ 24 pieds plus élevé que le fond des mêmes cuvettes; par conséquent se trouve supérieur de 105 pieds au lit de la rivière; mais comme il faut que l'eau qu'on y veut conduire se décharge dans une cuvette, qui soit au moins de 15 pieds supérieure au même rez-de-chaussée, afin de pouvoir ménager un réservoir, & que cette eau qui doit faire plus de 687 toises de chemin, ait environ 16 pieds de charge, pour être chassée avec une vitesse convenable, l'on voit qu'il faut d'abord l'élever à 136 pieds au-dessus du lit de la rivière.

Les anciennes pompes de la machine appliquée au Pont Notre-Dame, n'élevant qu'avec beaucoup de peine l'eau à 81 pieds, on n'avoit garde d'entreprendre de la faire monter à 55 pieds plus haut, pour la conduire à l'Estrapade; d'ailleurs, comme le bâtiment au sommet duquel se trouvent les cuvettes, est porté sur des pilots, & qu'il est formé d'une carcasse de charpente, point assez solide pour pouvoir être autant exhaussé qu'il le faudroit, on n'a pu prendre le parti qui semble le plus naturel pour élever l'eau à l'Estrapade; & voilà les principales causes qui ont fait penser Messieurs de la Ville à la construction d'une nouvelle machine.

Depuis dix ans, ces obstacles n'ont fait qu'irriter l'émulation d'un grand nombre de Machinistes, qui se sont rendus à Paris de toutes les Provinces du Royaume, & même des Pays Etrangers, sçachant que M. Turgot avoit ce dessein plus à cœur qu'aucun de ses prédécesseurs; mais ce grand Magistrat, peu satisfait des productions des uns, effrayé des conditions que les autres exigeoient, a toujours différé de se déterminer sur un projet de cette importance.

Dans le mois d'Août de l'année 1737, deux Etrangers associés ont proposé à Messieurs de la Ville, de construire une machine mue par l'action du feu, pour élever une certaine quantité d'eau sur la Place de l'Estrapade, moyennant ces conditions; qu'on leur donneroit neuf cens mille livres pour la construction de la machine, deux cens mille d'honoraire, & qu'ils en auroient la direction, avec cinquante mille francs pour son entretien annuel;

air si il s'agissoit d'un fond de deux millions cent mille livres.

Ce fut après ces belles propositions dont j'ai été témoin que je démontrâi Messieurs de la Ville, que moyennant dix-sept ou dix-huit mille livres, on pouvoit rendre la machine du Pont Notre-Dame capable de fournir 100 pouces d'eau de plus qu'elle n'en produit ordinairement, & que je ne désespérois pas avec une dépense modique, de faire passer une partie de cette eau à l'Estrapade, ce qui aura peu-être son exécution quelque jour, mais il faudroit d'abord renouveler les tuyaux de conduite, qui partent de la pompe, pour se rendre aux premières fontaines de chaque quartier; afin d'en substituer d'un diametre plus fort; attendu que ceux qui sont en place, ne peuvent actuellement recevoir toute l'eau que les pompes élèvent. Or comme le projet dont je parle, demanderoit encore la redification des pompes de la seconde roue avec des modifications relatives à mes vûes, il me suffit présentement d'en faire mention, & je m'expliquerai, à ne laisser aucun doute, lorsque le zèle de Messieurs de Ville pour le bien public repondra au mien. Ayant travaillé sérieusement à y parvenir, j'ai trouvé différens moyens, parmi lesquels il y en a un des plus simples; cependant mes réflexions sur ce sujet m'ayant fait naître l'idée d'une machine pour élever aussi haut que l'on voudra, l'eau d'une chute au-dessus de son niveau, j'ai crû ne devoir point hésiter d'en faire part au public, pouvant devenir fort utile dans un grand nombre d'occasions.

Cette machine peut passer pour une des plus nouvelles & des plus singulieres; ce n'est pas qu'on n'ait pensé avant moi à se servir d'une chute, pour faire qu'une partie de l'eau élève l'autre au-dessus de son niveau, comme nous ferons voir que l'ont exécutés, à Paris M. Francini dans le Jardin de l'ancienne Bibliothèque du Roy, par le moyen d'un certain chapelet; M. Bucket en Angleterre avec deux sceaux, qui en montant & en descendant, deviennent alternativement plus pesant l'un que l'autre; & en dernier lieu, Messieurs de la Duëlle & Denifard* d'une manière fort ingénieuse, qui leur a fait beaucoup d'honneur parmi les habiles Gens, mais qui n'a rien de commun avec celle que je vais développer, qui méritera peut-être l'attention des curieux, à cause de sa simplicité, & de la justesse qui regne dans toutes ses parties, dont les dimensions sont déterminées selon les regles les plus exactes.

1150. Je crois qu'il convient de faire remarquer en passant, qu'une chute d'eau occasionnée par des écluses, digues, batardeaux, tuyaux descendans, &c. ne renferme rien qui ne soit com-

*Nouvelle
Machine
imaginée
par l'Au-
teur en
cherchant
la manière
de faire
monter
l'eau à l'Es-
trapade.*

* M. Deni-
fard est le
même Ec-
clesiastique
que nous
avons nom-
mé Goffet
dans les ar-
ticles 673,
960.

Remarque
sur l'action
d'une chute

L'eau appliquée à une Machine.

mun à l'action de tous les courans, puisqu'un courant naturel peut lui-même être supposé provenir d'une chute, dont on détermine la hauteur en connoissant sa vitesse propre, comme nous l'avons insinué dans l'article 601. En effet, pourvu que l'eau qui doit faire agir une machine, ait une certaine vitesse, pour être capable d'en imprimer par son impulsion, il est fort indifférent de quelle part elle l'a acquise; ainsi il est essentiel de faire attention que lorsqu'on se sert d'un tuyau descendant, ce n'est point par la hauteur de la chute qu'il forme, qu'on doit juger de celle où l'eau peut être élevée à l'aide d'une machine, mais bien par la vitesse *respective* de l'eau de la chute, comme nous l'avons insinué dans les articles 899, 900, & comme on en jugera encore par l'exemple rapporté dans l'article 1169. D'habiles gens, faute d'avoir eu cette attention, se sont mépris en voulant calculer les machines, dans le goût de celles qui vont faire l'objet de ce Chapitre, ayant comptés sur la poussée absolue de l'eau de la chute, au lieu qu'ils n'auroient dû avoir égard qu'à une poussée relative.

Quand on a une source à mi-côte ou vers le pied d'une Montagne; on peut moyennant cette Machine faire monter au sommet une partie des eaux de la Source.

La même Machine peut aussi servir à une Ville, à faire monter l'eau aux quartiers, dont le rez-de-chaussée seroit plus élevé que la Source qui fournit aux Fontaines publiques.

1151. Pour exposer les deux principaux cas où l'on peut employer la machine que je viens d'annoncer, je suppose, comme cela se rencontre assez fréquemment, que l'on a une maison de campagne située sur une éminence, à portée de laquelle est une source beaucoup plus basse, mais cependant supérieure de dix ou douze pieds au niveau du terrain par lequel elle se décharge; alors on pourra avec notre machine, sans le secours d'aucun moteur étranger, faire monter continuellement une partie des eaux de cette source pour les besoins de la maison, & si elle est assez abondante, employer le superflus à la décoration du Jardin.

1152. Je suppose en second lieu que l'on a conduit dans une Ville les eaux d'une ou plusieurs sources des environs, qui viennent se rassembler dans un château d'eau, ou que provenant d'une rivière, une machine les a forcées à se rendre dans le même endroit, d'où elles ne peuvent être distribuées qu'à un certain nombre de fontaines placées dans différens quartiers, & qu'il s'en rencontre un beaucoup plus élevé que la source principale, où l'on voudroit aussi en faire monter; alors si l'eau de la première cuvette se trouve élevée de onze ou douze pieds de plus qu'il ne faut, pour être conduite naturellement dans celles des fontaines que cette première doit entretenir, l'on pourra avec le secours de la même machine, faire que l'eau destinée à ces fontaines n'aille s'y rendre, qu'après en avoir fait monter au quartier le plus élevé; par ce moyen toute l'eau sera employée utilement sans qu'il y en ait de perdue.

1153. Si le quartier le plus éminent se trouvoit fort éloigné du château d'eau, & qu'il y eut dans le voisinage une fontaine dont la cuvette fut assez élevée pour ménager une chute de 10 ou 11 pieds; l'on pourroit encore, pour éviter de multiplier les tuyaux, conduire à cette fontaine beaucoup plus d'eau qu'elle n'en doit dépenser, pour qu'une partie ayant fait monter l'autre au quartier où il en manque, ce qui reste après avoir fait jouer la machine, serve à entretenir cette fontaine, & même plusieurs autres placées dans des quartiers plus bas.

1154. Ce que je viens d'insinuer deviendra plus sensible en concevant, 1°. que le tuyau qui part de la première cuvette, après avoir été conduit sous le pavé, vient se rendre dans la cage de la fontaine la plus voisine du quartier éminent, où il est relevé verticalement, comme le représente sa partie supérieure AB, pour se décharger dans la cuvette C, au fond de laquelle est un tuyau de chute CD de 10 ou 11 pieds de hauteur, toujours rempli d'eau, malgré la dépense qui s'en fait au pied. 2°. Que l'eau à la sortie du tuyau de chute CD, se distribue en deux parties inégales, dont la moindre passe par le tuyau de communication HG pour être resoulée dans le tuyau montant GL, qui se décharge dans la cuvette M, supérieure au quartier éminent. 3°. Que cette eau descende ensuite par le tuyau MN pour être conduite dans l'autre NQ, qui régnant sous le pavé, la fait remonter à la fontaine de ce quartier.

1155. Pour bien juger de l'action de l'autre partie de l'eau, il faut être prévenu que l'espace FE comprend la machine dont il s'agit, composée de deux corps de pompe FP & OD, situés horizontalement, ayant un double piston; que le premier corps de pompe FP d'un diamètre plus petit que l'autre, fait monter l'eau de la communication HG dans le tuyau FL, que le second reçoit par intervalle l'autre partie de l'eau qui fait monter la première en poussant le piston en avant, & qu'ensuite par le jeu d'un robinet elle se décharge dans la cuvette I, qui représente celle de distribution de la fontaine où est logée la machine.

Ceux qui m'auront bien entendu, & qui connoîtront par de bons nivellemens, tels que ceux qu'on a fait, la situation de la place de l'Estrapade par rapport à la fontaine S. Benoit, & au gez-de-chaussée du Faubourg S. Germain, conviendront que cette manière de faire manœuvrer l'eau, peut être mise en usage à Paris avec beaucoup de succès; cependant comme je l'ai déjà dit, il y a un autre moyen plus simple encore de faire monter tout d'une traite l'eau de la rivière à l'Estrapade, sans être obligé de construire une nouvelle machine.

*L'en peut
se servir des
eaux d'une
Fontaine
particulière
pour en faire
monter
dans un
quartier su-
périeur à
cette Fon-
taine.*

*Idee gé-
nérale de
cette Ma-
chine appli-
quée au cas
présent.*

PLAN. I.
FIG. 3.

*L'eau des
cuvettes du
Pont Notre-
Dame étant
conduite à
la Fontaine
S. Benoit,
une partie
peut de-là
être relevée
sur l'Estra-
pade par
l'effet en-
de la même
Machine.*

*Description & Analyse d'une nouvelle Machine pour élever
l'Eau d'une chute au-dessus de sa source.*

Explication des principales parties de cette Machine. 1156. Un peu d'intelligence du dessein fera juger aisément de la machine que je vais décrire par ses développemens, dont la relation est marquée avec des lettres semblables; on y verra que les tuyaux ABCD, EFGH représentent le petit & le gros corps de pompe dont j'ai parlé dans l'article 1155, & qu'ils sont liés ensemble par une *crèche* ou tuyau de jonction IKEG, échancré sur l'étendue LMNO, pour faciliter le mouvement d'un *essieu* PQ, qui enfle les *tiges* des pistons R & S, dont le jeu horizontal est limité par les *termes* ML, NO, contre lesquels vient s'appuyer l'essieu.

PLAN. 1. La lettre T accompagne le tuyau de chute, désigné par CD dans la troisième figure (1154) ayant deux *rameaux* retournés à angle droit, dont le premier TY répond au tuyau de *communication* YV, qui conduit l'eau dans le petit corps de pompe, & le second TZ est uni à un *robinet* qui l'introduit dans le gros.

FIG. 4.
5. & 6. 1157. Le logement de ce robinet que je nomme *Tribranche*, est composé d'un *Barillet abc* (Fig. 1.) ayant trois branches *évalvées d'égale* *igk*; *lhm*: la première est unie au corps de pompe; la seconde que je nomme *branche d'impulsion* sert à introduire l'eau qui doit donner la *chasse* au piston; la troisième à faciliter la fuite de la même eau pour la conduire dans la cuvette de décharge.

Idee générale d'un nouveau robinet, d'où dépend le jeu de cette Machine. Le barillet comprend un *robinet* percé à retour d'équerre *gof*; (Fig. 6.) dont le mouvement agit en deux tems séparés, dans chacun desquels il fait un *quart de revolution* alternativement à droite & à gauche, c'est-à-dire, que l'orifice *g* prend la place de l'orifice *f*, alors ce dernier venant répondre à l'orifice *h* de la *branche de fuite*, (Fig. 1.) l'eau qui étoit entrée dans le gros corps de pompe a la liberté d'en sortir, sans pouvoir être remplacée tant que le robinet reste dans cette situation, l'orifice d'impulsion étant fermé par la masse P du robinet.

FIG. 1. & 6. 1158. La première figure de la planche seconde, représente le plan du tribranche, détaché des pièces qui doivent y être contenues; la seconde est un profil coupé sur la longueur des branches de fuite & d'impulsion, dont la relation des parties se trouve marquée par les mêmes lettres, qu'il convient de suivre avec un peu d'attention; la troisième est un second profil coupé sur l'alignement de la branche du piston, & la quatrième représente l'élevation du tribranche vue par derrière; cette figure, de même que la

Développement des parties du même robinet.

PLAN. 2.

la seconde, montrent que pour empêcher que l'eau ne se perde par le fond du barillet, on y a adapté un culot attaché par des vis.

Comme il eut été très-difficile d'alaïser assez proprement le barillet pour y placer le robinet, de maniere qu'il ferme exactement les orifices de fuite & d'impulsion, nous avons crû que pour plus de facilité, il convenoit de le loger dans un boisseau particulier, ayant la forme d'un gobelet pour l'emboïter dans le barillet; c'est le plan de ce boisseau que représente la cinquième figure, où l'on voit que sa surface doit être percée aux endroits C, F, B, suivant le contour des orifices du barillet. La figure septième en est le profil, coupé sur l'alignement FI de son plan, où l'on remarquera que le fond NP est un peu convexe, pour que la base du robinet ne le touche point, devant tourner sur un pivot, dont la crapaudine est représentée à l'endroit O. On remarquera encore que pour empêcher le boisseau de vaciller, son bord est accompagné de deux oreilles a, b, qui doivent être encastrées dans des entailles CD, (Fig. 2, 3, 4.) pratiquées dans le rebord supérieur du barillet; quant à la forme extérieure du boisseau, on en jugera par la huitième figure.

A l'égard du robinet, son plan est représenté par la sixième figure, son profil par la neuvième figure, & son élévation par la dixième, où l'on distingue son pivot S, & son axe T, qui joue dans l'œil d'un chapiteau VXY, (Fig. 12, 13.) servant de couvercle au barillet, distinctement exprimé, aussi-bien que le fond dans la figure onzième, qui représente une élévation extérieure du tri-branché vû en face de l'orifice de fuite.

N'y ayant point de frottement sensible où il n'y a point de pression, il est aisé de concevoir que quoique le robinet soit de même calibre que son boisseau, sa surface ne causera qu'une foible résistance, puisqu'il doit tourner sur un pivot, & qu'il n'appuie qu'à l'endroit de son axe L contre le bord de l'œil du chapiteau, où il soutient la poussée de l'eau de la chute.

1159. Pour expliquer ce qui appartient au petit corps de pompe, l'on sçaura qu'il est lié au rameau *qr* d'un tuyau vertical z, évalué par ses extrémités f, t, (Fig. 3. 4.) pour faciliter le jeu des soupapes à bascule qui s'y trouvent placées, (1133) que ce tuyau répond par le haut au tuyau montant u, désigné dans la troisième figure par les lettres FL, & en bas est accordé au coude x, qui l'unit avec la communication VY.

Explication de ce qui a pour objet au petit corps de Pompe.

1160. L'on aura une juste idée des pistons de cette machine, en considérant que la tige AB du petit, & l'autre CD du gros, sont.

Développemens des

*pistons de
cette Ma-
chine.*

PLAN. 2.

FIG. 14.

deux canons de fonte entés l'un dans l'autre, entretenus par l'effieu I, (1156) de sorte qu'en ôtant cet effieu, l'on peut en faisant couler le petit canon dans le gros, racourcir l'intervalle AD, soit pour introduire les pistons dans leur corps de pompe, ou les en retirer. A l'extrémité de chacune de ces tiges est un petit cylindre E, dont le bout est fait en vis, pour retenir à l'aide d'un écrou le piston, auquel ce petit cylindre sert de noyau; observant que ce noyau que l'on suppose creux, doit être fondu avec la tige, comme on en jugera par le bout de profil F qui en fait voir l'intérieur.

Le corps de chaque piston est composé d'une virolle A fondue avec un espee de collet D; cette virolle dont l'extrémité est tournée en vis, doit enfiler plusieurs rondelles de cuir soutenues par un anneau B, qui les serre étroitement par le moyen d'un écrou G & de la vis qui est au bout de la virolle (957). Les figures 16, 23 représentent la réunion des pieces des pistons, dont chacun doit être enfilé par le noyau E, & arrêté avec l'écrou de la vis qui est au bout, comme on le voit distinctement exprimé par les figures 17, 24, qui marquent le profil de ces pistons & celui d'un bout de leurs tiges; considérant aussi la figure 25, l'on y reconnoitra ces tiges dans toute leur longueur, vûes en partie dedans & dedans.

*Le frotte-
ment de ces
pistons est
soulagé par
des roulet-
tes qui en
facilitent le
mouvement*

PLAN. 2.

FIG. 18.

& 19.

1161. Pour empêcher que la pesanteur des pistons ne contribue à faire user les rondelles de cuir plus promptement vers le bas qu'ailleurs, nous avons crû que pour en soulager le frottement, il convenoit de soutenir les tiges par deux roulettes; celle qui répond au gros piston est représentée en profil & en face par les figures 18, 19, qui montrent que la tige est embrassée d'une écharpe de fer ABCDE, l'un & l'autre liés ensemble par une broche quarrée GH, & que cette écharpe est travversée par le boulon qui sert d'effieu à la roulette F.

A l'égard de l'autre roulette G, les figures 20 & 21 font voir qu'il a fallu la loger en partie dans le canon ABC, qui sert de tige au petit piston; c'est pourquoi on l'a échancré en dessous, & disposé le métal de façon à pouvoir servir de pallier au boulon DE; au reste l'on suppose que ces pistons sont frottés avec une graisse composée de vieux oing & d'huile d'olive pour en adoucir le frottement.

*Explication
du jeu de
cette Ma-
chine.*

1162. L'on entendra le jeu de cette machine en considérant, 1°. que l'eau du tuyau de chute CD ayant la liberté de couler dans la communication HG, montera d'elle-même dans le tuyau GL jusqu'au point K, où elle se mettra de niveau avec celle de la cu-

vette C, parce que les soupapes *t* & *f* (Fig. 5.) étant poussées par le dessous, la force de l'eau les ouvrira pour se faire un passage. 2°. Qu'elle ne peut monter sans entrer auparavant dans le petit corps de Pompe, & sans pousser le piston R vers BD, par conséquent l'autre S vers le robinet qui est supposé dans la situation que représente la premiere figure, afin que l'orifice d'impulsion (*g*) étant fermé, & celui de fuite (*h*) ouvert, l'eau ou l'air qui seroit dans le gros corps de Pompe puisse s'évacuer. 3°. Que quand le piston S sera parvenu à l'entrée FH de son corps de Pompe, le robinet faisant subitement un quart de révolution, pour ouvrir l'orifice d'impulsion (*g*) & fermer celui de fuite (*h*), l'eau de la chute poussera ce piston en avant; car si l'on suppose son cercle sextuple de celui du petit, il y aura six colonnes d'eau égales à KF (Fig. 3.) qui agiront ensemble contre cette dernière, qui sera chassée vers N par l'eau que comprend le petit corps de Pompe, après qu'elle aura fermé la soupape *t* (Fig. 5.) & ouvert l'autre *f*. 4°. Comme dans le moment que l'essieu PQ sera parvenu contre le terme ML, le robinet doit faire un quart de révolution d'un sens opposé au précédent, pour fermer l'orifice d'impulsion, & ouvrir celui de fuite; l'eau que renfermera le gros corps de Pompe ayant la liberté de s'écouler, cessera d'agir contre le piston S, & dans cet instant celle qui sera montée n'étant plus poussée de bas en haut, fermera la soupape *f*, alors l'eau de la communication YV chassée par celle de la chute pour remonter au même niveau, ouvrira comme en premier lieu la soupape *t*, poussera encore le piston R vers BD, tandis que l'autre S précipitera la fuite de l'eau qui lui avoit donné la chasse, jusqu'au moment où l'essieu PQ étant arrivé au terme NO, le robinet fera un nouveau quart de révolution, pour fermer l'orifice de fuite, & ouvrir celui d'impulsion: ce qui donnera lieu à la chute de pousser de nouveau le gros piston, qui refoulera encore l'eau du petit corps de Pompe comme auparavant, en fermant la soupape *t* & ouvrant l'autre *f*, & contraindra la colonne que cette dernière soutenoit de monter vers S. Fig. 3. Ainsi l'on voit que le jeu alternatif du robinet fera monter l'eau jusques dans la cuvette M, pourvu que le produit du cercle du petit piston & de la hauteur de la colonne FL, soit moindre que le produit du cercle du gros piston, par la hauteur de la chute CD. Il reste à faire voir de quelle maniere le robinet agit, pour que son mouvement soit tellement d'accord avec celui du piston, que l'une dépende immédiatement de l'autre.

1163. Je nomme *Régulateur* l'assemblage de plusieurs pieces de

Pl. ij

Description
du Régula-

ceux qui
doivent le
mouvement
au robinet.

fer qui concourent ensemble à ouvrir & fermer alternativement les orifices d'impulsion & de fuite. Pour en bien entendre le Mécanisme, il faut non-seulement suivre avec attention les développemens exprimés sur la planche troisième, mais rechercher encore sur la quatrième les parties dont je ferai mention, qu'on trouvera rassemblées en perspective, & désignées par les mêmes lettres.

Les corps de Pompes qui entrent dans la composition de la machine, ne pouvant avoir lieu sans être encastrés dans de bons madriers, l'on jugera du premier coup d'œil de la disposition qui leur convient, en considérant la planche quatrième, dont le profil est représenté par la troisième figure de la planche troisième.

PLAN. 3.
& 4.

A ces madriers sont attachés deux poteaux soutenant un effieu de fer CD, (Fig. 2. 3.) relatif à quatre pièces : la principale OVHI (Fig. 1.) que je nomme *Balancier*, est enfilée quarrément par l'effieu D, afin qu'il ne puisse se mouvoir qu'avec lui ; ce balancier est composé d'une équerre de fer IKGH, dont les branches GH, KI sont nommées *Griffes*, & d'une tige VO, ayant à son extrémité un poids O de 9 à 10 lb.

La seconde pièce est un étrier QRST (Fig. 2. 3.) enfilé par l'effieu, de manière à pouvoir jouer librement autour, l'effieu se trouvant arrondi à l'endroit des anneaux Q, T.

La troisième & la quatrième pièce sont deux verges de fer EA & Ff, enfilées quarrément par le même effieu, pour qu'elles ne puissent se mouvoir qu'avec lui ; elles sont *parallèles aux griffes du balancier*, & disposées du même sens, par conséquent formeroient un angle droit, si elles étoient réunies dans un même plan vertical.

L'étrier est traversé par deux boulons L & M, dont le second enfile les branches YZ d'une fourche de fer, qui compose avec sa queue ZNP une pièce que j'appelle *chasse*, qui joue librement autour de son boulon ; l'extrémité su de cette chasse (Fig. 1. 2.) faite en *Bec de canne*, dirige la clef *st* du robinet, par le moyen d'un boulon *h*, & pour que cette clef ne fatigue point, elle est soutenue par une barre *mn*, sur laquelle elle glisse sans pouvoir s'échapper, étant maintenue par une *susbande* O.

PLAN. 3.
FIG. 1. 2.
& 3.

D: quelle
manière les
pistons font
agir le ré-
gulateur.

1164. Pour entendre le jeu du Régulateur, l'on prendra garde que l'effieu X (Fig. 1. 3.) qui traverse les tiges des pistons, est commun à deux roulettes A, B, qui pousent alternativement devant elles une des verges qui leur est opposée ; que cette verge fait mouvoir l'effieu CD, par conséquent le balancier HIVO, mais non pas l'étrier qui reste immobile jusqu'au moment où l'action du poids O le fait changer de situation.

Supposant que l'étrier soit disposé comme le représente un de ses côtés QR, (Fig. 1.) & que l'orifice d'impulsion soit ouvert, pour que l'eau puisse chasser le gros piston en avant, la roulette A poussant la verge EA fera monter le poids *o* de la gauche à la droite, & quand il sera parvenu au point E, le poids ayant passé la verticale & se trouvant abandonné à lui-même, tombera subitement, alors la griffe GH rencontrant en chemin le boulon L, forcera l'étrier de passer de la droite QR à la gauche *qr*, & fera cheminer la chasse ZNP en arrière, qui contraindra la clef du robinet à passer de *fl* en *xr*; ainsi un moment après que l'essieu X sera parvenu à la limite gauche, l'échappement du poids fermera l'orifice d'impulsion, & ouvrira celui de fuite

La verge Ff qui aura fait le même mouvement que le balancier, puisqu'elle est parallèle à la griffe GH, (1163) étant venu joindre la roulette B, sera poussée en avant, de la manière que l'a été la précédente, parce que l'orifice de fuite étant ouvert, le petit piston sera chassé en arrière, & le poids *o* relevé pour passer de la droite à la gauche; & lorsqu'il se trouvera un peu au-de-là de la verticale, la griffe IK qui sera descendue pour reprendre sa première situation rencontrant le boulon L, fera cheminer l'étrier de *qr* en QR, lequel poussant la chasse en avant, la clef *xr* du robinet repassera en *fl*, fermera l'orifice de fuite, & ouvrira celui d'impulsion, qui donnera lieu à l'eau de chasser de nouveau le gros piston qui fera faire au Régulateur sa première manœuvre.

1165. L'axe CD doit être placé au-dessus du milieu de la crèche, de manière que les trois points *a*, D, A (Fig. 1.) forment dans un même plan un triangle équilatéral, dont la base *aA* soit égale au chemin des roulettes entre les points où elles touchent les verges EA, Ff, lorsqu'elles sont parvenues aux termes qui marquent le jeu du piston, afin que la distance du centre de l'essieu D au centre du boulon M, soit égale au chemin Mm ou hi (Fig. 2.) des boulons M, h.

Il est bon de remarquer que l'arc que décrira le boulon M par son mouvement de M en F, & de F en m, sera de 30 degrés, & que quand la tige VO du balancier se trouvera confondue avec la verticale EF, l'angle droit que forment les griffes sera divisé en deux également, d'où il suit que l'angle FDH se trouvant alors de 45 degrés, le poids ayant passé la verticale, décrira un arc de 15 degrés en tombant, avant que la griffe GH vienne rencontrer le boulon L, & acquerra par sa chute plus de force qu'il n'en faut pour chasser l'étrier, d'autant plus que l'impression dont cette

PLAN. 3.

FIG. 1.

& 2.

Preuve de
l'exactitude
du mouve-
ment du Re-
gulateur.

griffe sera capable, est au moins triple de celle que seroit le poids; s'il rencontroit immédiatement un corps après avoir décrit un arc de 15 degrés, le bras de levier DO étant plus que triple du bras de levier DH, par lequel la griffe agit; il en sera de même lorsque le poids venant à tomber sur la gauche de la verticale, la griffe *hi* chassera l'étrier *l* en avant. J'ajouterai que pour limiter le chemin du poids, indépendamment des roulettes, l'on pourra, s'il est nécessaire, le soutenir avec une *corroye*, dont les extrémités répondant à deux *rouleaux b*, on aura la facilité de donner à cette corroye l'étendue la plus convenable, & que l'on a pratiqué un canal *d* (Fig. 3.) sous chaque roulette dans les madriers, qui soutiennent les corps de Pompes, afin que les verges que poussent les roulettes puissent agir librement.

L'action du
Regulateur
sera faire
exailement
au robinet
deux quarts
de révolution
opposés.

PLAN. 3.
FIG. 1.
& 2.

1166. Pour montrer que l'action du Regulateur sera faire exactement en avant & en arriere un quart de révolution au robinet, il faut être prévenu que le milieu *e* de son axe est éloigné du centre du boulon *b*, d'une distance égale au côté du carré dont l'intervalle MD ou $mM=ih$ seroit la diagonale; que par conséquent le triangle *ieh* formé par les deux situations extrêmes de la clef, est rectangle; aussi ai-je donné 10 pouces de distance entre le centre de l'axe D & celui du boulon M, & 7 seulement à l'intervalle *eh*, (Fig. 2.) afin que le rapport de ces deux nombres se trouvât à peu près le même que celui du côté d'un carré à sa diagonale.

Comme le boulon *b* (Fig. 2. 5.) ne peut parvenir de *h* en *j*, sans que l'intervalle *eh* ne se réduise à la perpendiculaire *ef* qui se trouve à peu près de 2 pouces plus petite que *eh*, il faut pour que le boulon *b* ne soit point gêné, qu'il joue dans une ellipse *g*, (Fig. 4.) dont le grand axe soit de 2 pouces.

Les dimensions
de cette
Machine
dépendent
de cinq choses
principales.

1167. Nous n'avons rien dit jusqu'ici des dimensions qui pouvoient convenir au corps de Pompe, pistons & robinets de cette machine, parce qu'elles ne peuvent être déterminées que relativement à cinq choses principales. La première à la hauteur de la chute; la seconde à la dépense de l'eau dont on peut disposer; la troisième à la hauteur où on veut l'élever; la quatrième à la vitesse qu'il convient de donner aux pistons, pour que le mouvement n'en soit ni trop lent ni trop précipité; & la cinquième, aux obstacles qui se rencontrent dans le jeu de la machine, indépendamment de la résistance de la colonne d'eau qu'elle doit surmonter; il s'agit donc d'opérer en conséquence.

Quelles
sont les me-

1168 Pour rendre intéressant le calcul de cette machine, nous le ferons relativement à l'exemple rapporté dans l'article 1153, en

supposant 1°. que la chute CD est de 10 pieds. 2°. Que le tuyau AB décharge 30 pouces d'eau dans la cuvette c, qui est la dépense qui se fera par le pied de la chute. 3°. Que la hauteur FL du tuyau qui élèvera l'eau dans la cuvette M doit être de 50 pieds. 4°. Que le jeu des pistons sera de 30 pouces, & qu'ils seront un pied de chemin par seconde, qui est la vitesse qui leur convient, pour que le mouvement de la machine soit bien réglé. 5°. Qu'on a estimé la résistance causée par la relevée du poids du Régulateur & le frottement des pistons, équivalente à une colonne d'eau de 10 pieds de hauteur, ayant pour base le cercle du petit piston; ainsi dans le calcul de cette machine, il faudra agir comme si le tuyau montant FL avoit 60 pieds au lieu de 50.

1169. La chute étant de 10 pieds, on trouvera que la vitesse entiere de l'eau à son entrée dans le gros corps de Pompe, seroit un peu plus de 24 pieds par seconde, si elle ne rencontroit point d'opposition; mais comme elle doit agir sur un piston, dont la vitesse uniforme n'est que d'un pied par seconde, la vitesse respective de l'eau sera donc de 23 pieds. (899) Ainsi le rapport de la vitesse respective à la vitesse entiere, sera exprimée par $\frac{1}{23}$, dont le quarté donne $\frac{1}{529}$, ou à peu près $\frac{1}{512}$ pour le rapport de la force relative à la force absolue, c'est-à-dire, que le gros piston ne sera poussé qu'avec les onze-douzièmes de la force entiere de l'eau; ainsi dans les calculs suivans, il faudra réduire la hauteur de la chute, en multipliant par $\frac{1}{11}$ pour n'avoir égard qu'à la poussée effective de l'eau, sans se-mettre en peine de sa vitesse.

1170. Comme dans l'état d'équilibre les superficies des cercles du gros & du petit piston doivent être dans la raison réciproque des hauteurs des colonnes d'eau auxquelles elles servent de bases, l'on aura le rapport de ces cercles, en multipliant le premier par la hauteur de la chute réduite, & en divisant le produit par la hauteur où on veut élever l'eau; par conséquent si l'on prend l'unité pour la superficie du cercle du gros piston, on trouvera ce rapport en divisant la chute réduite par la hauteur où on veut élever l'eau; alors cette hauteur exprimera la superficie du gros piston, & la chute réduite celle du petit.

1171. Les deux pistons ayant la même vitesse, il suit de l'article précédent, que la quantité d'eau qui sortira par l'orifice de fuite, sera à celle qui montera, dans la raison réciproque de la hauteur où on veut élever l'eau à la hauteur de la chute réduite.

1172. Comme la quantité d'eau qui sortira par l'orifice de fuite, jointe à celle qui montera, sera égale à la dépense totale; il suit encore que cette dépense sera à la quantité d'eau qui montera, comme la

sures que l'en doit faire pour construire cette Machine dans le cas où l'on voudrait faire monter l'eau d'une Fontaine, dans une cuvette beaucoup plus élevée que la source.

PLAN. I.
FIG. 3.

Le gros piston de cette Machine n'est poussé par l'eau de la chute qu'avec une force relative. Les cercles du gros & du petit piston doivent être dans la raison réciproque de la chute réduite & de la hauteur où on veut élever l'eau.

La quantité d'eau qui montera, est à celle qui pousse le gros piston réciproquement comme la hauteur où on veut élever l'eau est à celle de la chute réduite.

Rapport de

la dépense
totale de la
Source à la
quantité
d'eau qui
montera.

Le diamètre
du gros
piston dans
donné, trou-
ver celui du
petit.

hauteur où elle sera élevée plus celle de la chute réduite, est à la hauteur de la même chute réduite.

1173. Après avoir établi les règles précédentes, j'ai réfléchi mûrement sur la mesure qu'il convenoit de donner au diamètre du gros piston, relativement à son jeu & à la dépense de la Source, & j'ai trouvé qu'en le faisant de 10 pouces, il produiroit un bon effet; ainsi multipliant son carré par la hauteur réduite de la chute (1169) c'est-à-dire, par $10 \times \frac{11}{12}$, ou par $\frac{110}{12}$, & divisant le produit par 60 pieds, hauteur où l'on suppose devoir élever l'eau (1168) il viendra 15 $\frac{1}{2}$ pouces pour la superficie du carré du diamètre du petit piston, dont la racine est de 3.968 pour la valeur de ce diamètre.

Pour que l'eau que ce piston doit refouler ne soit point contrainte en montant, il faudra donner au moins 4 pouces 6 lignes aux diamètres des tuyaux montans, des soupapes, & à celui du tuyau de communication.

La Machine
étant exé-
cutée selon
ce qui pré-
cède, élève-
ra à 50
pieds douze
muids d'eau
par heure.

1174. On connoitra le produit de cette machine, en disant selon l'article 1172, comme la hauteur où on veut élever l'eau, plus la chute réduite, c'est-à-dire, comme $\frac{110}{12}$ est à la chute réduite, qui est $\frac{110}{12}$, ou comme 83 est à 11; ainsi la dépense totale qui est de 30 pouces d'eau, est à la dépense que l'on cherche; l'on trouvera environ 4.5 pouces pour le produit de la machine, qui fournira par conséquent 12 muids d'eau par heure. L'on remarquera en passant qu'il en montera d'autant plus, qu'elle sera élevée à une moindre hauteur, & au contraire.

Il faut que
la vitesse
des pistons
soit réglée
sur le sens
qu'il faudra
au gros
corps de
Pompes pour
se vider.

1175. Ayant dit que le jeu des pistons étoit de 30 pouces, & leur vitesse d'un pied par seconde (1168) ils employeront deux secondes & demi à aller, & supposant qu'ils reviennent avec la même vitesse, il leur faudra cinq secondes pour chaque impulsion, ainsi ils en donneront 12 par minute; mais il est essentiel de remarquer qu'il faut pour que cela arrive, que le gros corps de Pompe puisse se vider en deux secondes & demi, autrement s'il lui falloit plus de tems que nous n'en avons supposé pour le retour des pistons, il arriveroit indubitablement que l'eau de la Source étant plus abondante qu'il ne faut pour le jeu de la machine, relativement à la grosseur des corps de Pompes, il s'en répandroit une partie au-dessus des bords de la cuvette qui reçoit la Source; alors il n'en monteroit pas la quantité que nous venons de trouver; car comme je l'ai dit tant de fois, il faut que les tuyaux ou pertuis par où doit passer l'eau, ne retardent jamais la vitesse qui doit lui convenir.

Preuve
sur faire

1176. Le gros piston ayant 10 pouces de diamètre (1173), sa

superficie sera de $78 \frac{1}{2}$ pouces carrés, ou les $\frac{1}{4}$ d'un pied carré; que si l'on multiplie cette fraction par $2 \frac{1}{2}$ pieds, ou par $\frac{1}{2}$ de pieds, jeu du piston, il viendra $\frac{1}{4}$, ou à peu près $1 \frac{1}{4}$ pieds cubes d'eau, pour la quantité qui entrera dans le gros corps de Pompe à chaque impulsion.

voir que l'eau qui doit s'évacuer du gros corps de Pompe, ne sera point un obstacle au jeu du piston.

Pour sçavoir le tems que cette eau employera à sortir, poussée par la seule action de sa pesanteur, il faut être prévenu que le pertuis pratiqué dans le robinet a 10 pouces de hauteur sur 3 pouces de largeur; ainsi le profil de ce pertuis se trouve avoir 30 pouces carrés de superficie, qui étant divisé par 144, donne $\frac{5}{12}$ pieds carrés pour la superficie.

Voulant sçavoir la quantité d'eau qui en sortira par seconde, il faut, selon l'article 524, chercher la vitesse qui répond à 10 pouces de chute, hauteur du pertuis supposé rectangulaire, on trouvera 7 pieds, on en prendra les deux tiers, qui donnent 4 pieds 8 pouces ou $\frac{14}{3}$ de pieds, qu'il faut multiplier par $\frac{1}{4}$, il viendra $\frac{7}{3}$, ou $2 \frac{1}{3}$ pieds cubes pour la quantité d'eau qui sortira du pertuis par seconde. Et comme nous venons de voir que le corps de Pompe contenoit $\frac{1}{4}$ pieds cubes, on jugera du tems qu'il lui faudra pour se vider, en disant, si $\frac{1}{4}$ pieds cubes d'eau s'écoulent en une seconde, en combien de tems s'écoulera $\frac{1}{4}$, il viendra pour quatrième terme $\frac{1}{4}$ ou $1 \frac{1}{2}$ secondes, qui fait voir que le corps de Pompe employera tout au plus une seconde & demie de tems à se vider. Cependant comme nous avons supposé dans l'article 1175, que le corps de Pompe emploieroit $2 \frac{1}{2}$ secondes à se vider, l'on voit qu'il reste une seconde pour suppléer au retardement que la vitesse de l'eau peut recevoir de la part des frottemens, & que le piston sera au moins douze chasses par minute.

1177. D'autre part, comme les pistons seront poussés en arriere par le poids d'une colonne d'eau, qui aura pour base le cercle du petit piston, & pour hauteur la chute (1162), c'est-à-dire, par une force d'environ 60 lb, qui est bien plus que suffisante pour relever le poids du balancier & vaincre le frottement des pistons; ce qui restera de cette force sera employé à précipiter l'évacuation du corps de Pompe, qui se fera encore plus promptement que nous ne comptons.

L'action de la chute précipitera l'évacuation du gros corps de Pompe.

1178. Ayant supposé que la hauteur où on veut élever l'eau avoit 10 pieds de plus qu'elle ne devoit avoir effectivement (1168), l'on voit aussi que le gros piston sera poussé avec 60 lb de force de plus qu'il ne lui en faut pour resouler l'eau à 50 pieds de hauteur; & venant de dire que ce surcroit de force surpassoit de beaucoup

l'espace pour faire voir que le jeu de la Machine ne sera point retardé par aucun obstacle.

celle qu'il falloit pour relever le poids du balancier, & surmonter la résistance du frottement des pistons, il arrivera que ces pistons pourroient avoir un peu plus d'un pied de vitesse par seconde, si la Source étoit assez abondante pour fournir plus de douze chasses par minute. Ainsi il ne faut point appréhender que le mouvement de la machine soit retardé par aucun obstacle; car il est bon de remarquer que comme les roulettes qui font mouvoir le Régulateur, agissent sur un bras de levier, qui est d'abord aussi long que celui du poids, une force de 10 lb suffira pour le relever dans le cas de sa plus grande résistance, qui ira toujours en diminuant, parce que son bras de levier se raccourcit beaucoup plus à proportion que celui de la puissance, à mesure que la tige approche de la verticale.

Le mouvement de la Machine sera bien réglé, quand le Régulateur fera 24 vibrations par minute.

1179. Si nous avons donné 30 pouces de chasse aux pistons sur un pied de vitesse par seconde, c'est afin que le Régulateur ne faisant que 24 vibrations par minute, son mouvement ne fut point trop précipité, puisqu'il en pourroit faire 30 dans le même tems, comme nous le démontrerons, en décrivant la machine de Fresne proche Condé, où il y a un Régulateur dans le goût de celui-ci.

La chute doit être mesurée depuis l'axe des pistons jusqu'au fond de la cuvette. L'on peut en faisant un tuyau conique qui aboutisse au petit corps de Pompe, refouler l'eau le long d'un plan incliné, si on n'a pas la commodité de l'élever verticalement.

1180. On observera que je mesure la chute depuis le fond de la cuvette qui reçoit la source jusqu'au centre du gros piston, afin qu'il y ait toujours sept ou huit pouces d'eau dans cette cuvette, pour rendre la chute capable d'une force un peu au-dessus de celle sur laquelle on a compté, & suppléer à l'altération que la vitesse de l'eau peut recevoir de la part des frottemens, en s'introduisant dans le gros corps de Pompe, & autres obstacles imprévus.

1181. Comme il est indifférent que l'eau que refoule un piston monte dans un tuyau vertical, ou le long d'un plan incliné, ou même par un siphon de plusieurs branches, puisqu'il faudra toujours la même force pour vaincre le poids de la colonne qu'on veut élever (559. 360), l'on peut se passer de la cuvette M du tuyau montant FL, par conséquent du descendant MN, en faisant refouler l'eau tout de suite à l'endroit où elle doit se rendre, comme la seconde figure le représente: par ce moyen on sera dispensé de faire un bâtiment autant élevé qu'il le faudroit pour placer la cuvette M; mais j'ai crû devoir d'abord exposer les choses sous l'idée que j'en ai donné dans l'article 1154, afin de mieux insinuer ma pensée.

PLAN. 4.

1182. Pour arrêter la machine quand on veut, il doit y avoir au fond de la cuvette, qui répond au sommet de la chute, une soupape ou crapaudine, servant à interrompre la descente de l'eau, & un tuyau de décharge pbc, pour conduire les eaux de la Source

Il faut un tuyau de décharge

dans la cuvette *rc* ; il faut aussi un autre tuyau *kr*, pour conduire dans la même cuvette l'eau qui pourra filtrer des corps de Pompes dans la crèche *IKEG* (*Plan 4.*).

1183. Je ne dis rien des dimensions de toutes les parties de cette machine, pour ne point entrer dans un détail ennuyeux, parce qu'on les trouvera avec le secours des Echelles qui accompagnent les trois premières planches, chaque pièce ayant été tracée dans la juste grandeur qui lui convenoit ; je supprime aussi nombre d'observations sur l'assemblage & la disposition des mêmes pièces, pouvant en juger par la manière dont elles sont représentées.

1184. Lorsqu'on aura une Source plus abondante qu'il ne faut pour fournir au jeu & à la dépense d'une seule machine, l'on pourra en faire deux l'une à côté de l'autre, qui feront monter l'eau sans interruption, par le moyen d'une fourche qui ira aboutir au tuyau de conduite, qui recevra l'eau des deux machines, qu'on pourroit disposer de façon qu'elles n'eussent qu'un Régulateur commun, qui ouvreroit en même tems l'orifice de chaise de l'une, & celui de fuite de l'autre.

1185. Je ne doute point que cette machine ne rencontre des censeurs, qui conviendront peut-être qu'elle est assez heureusement imaginée, mais qui objecteront que tout ce qui porte sur le papier un caractère d'évidence, ne réussit pas toujours dans l'exécution. Il est vrai que cela n'est que trop ordinaire ; cependant je les prie de considérer que si la plupart des projets sont démentis par l'événement, malgré les bonnes raisons dont ils étoient appuyés, il ne faut pas croire qu'une fatalité aveugle s'en soit mêlée. Cela vient de ce que leurs Auteurs n'ont point assez raisonné sur chaque partie, pour prévoir tout ce qui arriveroit dans la pratique, conséquemment à des connoissances acquises par la pratique même & à une exacte théorie. Ils expliquent confusément aux Ouvriers ce qu'ils veulent leur faire exécuter, sans leur donner ni devis, ni desseins ; ces derniers ne pouvant que remplir ce qu'on leur commande, ne sont point responsables du peu d'intelligence de ceux qui les dirigent, & il y auroit de l'injustice de s'en prendre à eux quand la machine ne remplit pas son objet. C'est ce qu'on n'appréhende point quand on a suivi une méthode comme celle qui m'a guidée, que je cite bien moins pour en tirer vanité, que pour servir d'exemple à ceux qui voudront travailler dans le même goût, afin qu'ils apprennent avec quelle précision il faut agir pour s'assurer du succès.

1186. Ayant promis dans l'article 960 de faire part au Public

I i j

pour conduire l'eau de la Source dans la cuvette inférieure, quand on veut arrêter la Machine.

PLAN. 4. Les dimensions des parties de cette Machine, de même que les épaisseurs des pièces de fonte & de fer qui la composent, se trouveront avec le secours des échelles.

L'on peut dans un même endroit faire jouer plusieurs Machines, telles que celles-ci, pour élever ensemble une plus grande quantité d'eau.

Réflexion sur le sentiment qu'on pourra avoir de cette Machine.

Disons

sur la Ma-
chine ima-
ginée par
Messieurs
Denisfard &
de la Duille,
& le ju-
gement que
l'Académie
Royale des
Sciences en
a porté.

de la machine inventée par Messieurs Denisfard & de la Duille; en voici la description, telle qu'ils me l'ont communiquée, & telle qu'ils l'ont fait insérer dans le *Recueil des machines approuvées par l'Académie Royale des Sciences*, Tome V. page 159, n'ayant rien voulu changer ni au discours ni aux desseins qu'ils en ont donnés, crainte de m'écarter de leur pensée.

L'on verra qu'en se servant d'une chute d'eau naturelle ou artificielle, nous avons eu à peu près les mêmes vûes, mais que nous différons totalement dans la manière de remplir notre objet commun.

Je crois devoir ajouter à la louange de ces Messieurs, que leur machine a été exécutée à Seve, sur le chemin de Paris à Versailles, qu'elle a jouée avec un succès merveilleux, en présence de Messieurs les Commissaires nommés par l'Académie Royale des Sciences, qui ont déclarés dans leur rapport; avoir vu agir la machine, & l'eau s'élever elle-même à 32 pieds par le moyen d'une chute de 9 pieds, que de 128 muids que la Source fournissoit par jour pour entretenir le mouvement de la machine, il en montoit 6, & qu'il en descendoit 114; en conséquence Messieurs de l'Académie ont approuvé la machine, qu'ils ont estimé fort ingénieusement inventée; qu'elle pouvoit être utilement établie dans les lieux où l'on a déjà une chute d'eau, que dans d'autres circonstances que celle de l'expérience de Seve, on fera monter une plus grande ou une plus petite quantité d'eau par jour, selon que la Source en produira, & qu'on pourra avoir de profit plus d'un vingtième de la dépense totale de la Source; & qu'enfin les inventeurs paroissent fort capables de donner à cette machine toute la perfection qu'elle peut recevoir. Ce sont les propres termes du Certificat datté du 28 Juillet 1731; ensuite Sa Majesté a accordé aux Inventeurs un Privilège exclusif pour vingt années dans toute l'étendue du Royaume, datté du 11 Décembre 1731.

Description de la Machine inventée par Messieurs Denisfard & de la Duille.

Description
de cette
Machine,
telle que les
Auteurs
l'ont donnée.

PLAN. 5.
FIG. 3.
& 4.

« 1187. ABCD est un assemblage de charpente, dans lequel est
« un bassin composé de deux plateaux de bois MN, posés l'un sur
« l'autre, & creusés en rond, pour former le bassin qui est revêtu
« de cuir par haut & par bas. Dans ce bassin est un piston (960),
« qui a à peu près le même diamètre que l'intérieur du bassin où il
« est pratiqué; il lui est assujéti par un cuir pris dans les joints des
« pièces MN, de manière qu'il ne peut monter & descendre dans

le bassin que de trois à quatre pouces ; quatre tuyaux sont adaptés à ce bassin , deux en dessous & un en dessus. Le premier tuyau Q est celui de la Source ; le second tuyau S est le tuyau montant ; le troisième R est le tuyau de sortie , & le quatrième T est le tuyau descendant ; les traverses OP , de même que les autres HG sont pour affermir les pieces MN. Les deux leviers EF , qui ont leur centre de mouvement au point E , portent sur une traverse G , fixée à la tige du piston , ces leviers sont chargés d'un poids équivalent au poids de la colonne d'eau de la Source. La partie G sur laquelle sont les leviers , porte encore une longue vis V , garnie de deux écrous , qui sont hausser & baisser alternativement le balancier ILH , composé de deux bassins , qui ont communication entr'eux par deux tuyaux qui les assemblent , en sorte que l'eau contenue dans un des bassins peut passer dans l'autre , suivant les déterminations que les écrous leur donnent ; un troisième tuyau Z , sert au passage de l'air d'un des bassins dans l'autre. Aux extrémités de ce balancier sont engagées des tiges qui ouvrent & ferment des soupapes adaptées aux tuyaux de sortie & descendant ; ces soupapes sont construites de la maniere suivante.

188. La soupape est enfermée dans un petit coffre *ab* ; dans ce coffre est un cône tronqué *i* couvert , & auquel est adapté le tuyau. Le couvercle de ce cône tient à l'axe *e* par une patte d'écrevisse ; à ce même axe *e* tient la tige *e* , qui est celle qui s'engage dans le balancier. La partie *i* de la soupape étant bouchée par le cône plein , qui tient à la patte d'écrevisse ; toute la soupape étant noyée , la colonne d'eau ne coûtera à élever qu'en raison des diamètres des bases. Il arrivera que si l'on vient à faire descendre la tige *e* , le cône plein qui a un mouvement contraire , débouchera le cône creux *i* , & que l'eau n'aura aucune difficulté à passer dans les tuyaux *dr* ; si au contraire l'eau éleve la même tige *e* , la soupape se refermera & le tuyau sera bouché.

189. La Source L étant supposée de 10 pieds , l'eau s'introduit par le tuyau ITV dessous le grand piston A , qui étant poussé par cette eau , s'élève naturellement , & porte le poids des leviers proportionné à sa force ; ce piston en s'élevant fait sortir l'eau BB , dont il est chargé par le tuyau F de sortie ; par cette élévation l'écrou N porte le balancier & l'éleve , d'où il arrive que le balancier ayant passé l'horizontal , l'eau contenue dans le bassin O passe dans le bassin Q ; alors l'extrémité O éleve la tige R , qui ferme la soupape H du tuyau F ; ensuite le bassin Q appuyant sur

Explication
des soupapes
employées dans
cette Machine.

FIG. 1.
& 2.

A quoi se
réduit le plan
de la même
Machine.

PLAN. 5.
FIG. 3.
& 4.

« la tige S, ouvre la soupape X du tuyau de descente G; l'eau de
 « la Source prise dessous le grand piston monte par le tuyau mon-
 « tant ZZ. Le tuyau V étant bouché, pour lors le piston est chargé
 « du poids de l'eau du tuyau de descente supposé à 30 pieds G de la
 « charge des leviers. Par la descente du piston, le balancier est ra-
 « mené par l'écrou supérieur Y, & l'eau repassant du bassin Q dans
 « le bassin O, ferme la soupape X du tuyau Z, & ouvre la soupape
 « H; & ainsi successivement l'eau est élevée.

*Observa-
 tion sur les
 dispositions
 qu'il faut
 donner aux
 pistons par
 rapport à la
 hauteur de
 la chute &
 à celle où
 on veut éle-
 ver l'eau.*

« 1190. Il faut observer qu'à la tige du grand piston il y en ait
 « un second BW, qui soit proportionné à la chute de la Source
 « & à la hauteur où on veut faire redescendre la partie d'eau né-
 « cessaire pour faire le mouvement de la machine, lequel piston
 « tient lieu de retranchement au bassin supérieur, pour qu'il ne
 « puisse pas redescendre autant d'eau qu'il en monie. Exemple 1.
 « soit une Source de dix pieds de chute, & suposant qu'on veuille
 « monter l'eau à 20 pieds, & que l'on souhaite conserver la moi-
 « tié de cette quantité, il faudra à la rigueur que le retranchement
 « ou le petit piston soit de la valeur du demi cercle du bassin d'en
 « haut : en ce cas, les 20 pieds de descente vaudront dix pieds du
 « diamètre du bassin de dessous, lequel étant joint au poids que la
 « Source a à élever, qui est de 10 pieds, donnera la force suffisante
 « pour faire équilibre à la hauteur de 20 pieds; par conséquent il
 « faudra faire le retranchement un peu moins grand, pour faire des-
 « cendre un peu plus d'eau, afin d'avoir la détermination requise.
 « Si l'on veut faire un jet ou nappe d'eau de cinq pieds de hau-
 « teur, il faudra faire redescendre à peu près les trois quarts de
 « l'eau.

Ces Messieurs donnent ensuite un profil de la même machine
 doublée, pour faire monter l'eau continuellement; mais comme
 ils l'ont trouvé trop compliquée, ils s'en sont tenus à la disposition,
 représentée par les Figures 5 & 6, dont nous avons supprimé les
 bassins supérieurs, qui doivent répondre aux tuyaux descendans
 YY, EF, n'ayant pas eu de place pour les comprendre sur la
 Planche.

*Nouvelle
 disposition
 que les Au-
 teurs ont
 donné aux
 pistons de
 la même
 machine,
 pour la ren-*

« 1191. La Source A fournit de l'eau par le tuyau ABC, en
 « dessous du piston inférieur D; cette Source supposée à 10 pieds,
 « élève le piston de cette quantité. Le tuyau de descente EFG
 « élevé à 30 pieds, fournit de l'eau en dessous du piston supérieur
 « H, & tend à l'élever aussi de 30 pieds de force; pour lors l'eau
 « comprimée en dessus du même piston H, est forcée de monter
 « par le tuyau montant ILM; pendant ce tems l'eau contenue

- en dessus du piston inférieur D, s'écoule par le tuyau de sortie
 - N, la soupape O pouvant s'ouvrir au moyen de la tige P, qui
 - a rapport au mouvement de l'étrier QR (Fig. 5.) qui s'élève &
 - s'abaisse avec les pistons, tenant à leur tige commune S; la se-
 - conde soupape T s'ouvre & se ferme de la même façon que la
 - première soupape O. Ces mouvemens étant transportés du côté
 - OP, la Source V supposée encore à dix pieds, le tuyau VX four-
 - nira l'eau en dessus du piston supérieur H, l'eau du tuyau de des-
 - cente YY, dont le réservoir est à 30 pieds, chargera le piston in-
 - férieur D en dessus, & forcera l'eau de monter par le tuyau ZW
 - à la hauteur de 40 pieds; pendant cette opération l'eau contenue
 - en dessous du piston supérieur H, a la liberté de couler par le
 - tuyau de sortie K, la soupape T étant ouverte par ce mouvement
 - alternatif; l'on voit que la machine fournira continuellement
 - de l'eau, tantôt d'un côté & tantôt de l'autre. Quant aux ma-
 - chines qui servent à ouvrir & fermer les soupapes, elles sont les
 - mêmes dont on a parlé dans les machines précédentes; on ne
 - fait que les appliquer à la tige 4 de l'étrier QR, placé au centre
 - des pistons, & qui tient, comme on l'a déjà dit, à la tige com-
 - mune des mêmes pistons enfermés dans les bassins 2 & 3; l'élé-
 - vation & l'abaissement de l'étrier sont déterminés par la distance
 - que les bassins 2 & 3 laissent entr'eux,

- Le cercle de fer 5 & 6, garni d'écrous, sert à retenir les pla-
 - teaux qui composent chaque bassin.

- Il est inutile de dire que l'on doit garnir les tuyaux de plusieurs
 - clapets, pour empêcher l'eau de revenir aux endroits d'où elle
 - est partie.

L'heureux génie de Messieurs Denisard & de la Dueille pour la
 Mécanique, leur a fourni encore un nombre de nouvelles vûes
 sur les différens usages qu'on peut faire de leur machine, & qui
 ne peuvent être bien rendues que par eux-mêmes; car ils méritent
 cette justice, qu'il y a eu peu de Machinistes plus abondans, & qui
 aient raisonnés avec autant de précision. Le Public leur doit
 beaucoup d'avoir travaillé à grands frais pendant une longue suite
 d'années, à ce qui pouvoit lui être utile; & à mon particulier,
 j'aurois un reproche à me faire, si je dissimulois combien je suis
 reconnoissant de la confiance qu'ils m'ont marquée.

des capable
 de faire
 men. et l'eau
 cons. nuelle-
 mens.

PLAN. 5:
 FIG. 5.
 & 6.

*Description de la Machine à Chapelets, imaginée par
Monsieur Francini.*

1192. Voici l'ingénieuse machine que M. Francini a exécutée en 1668, par ordre de M. Colbert, dans le Jardin de l'ancienne Bibliothèque du Roi. Pour en bien juger, l'on sçaura que dans le voisinage de la Maison, il y a une Fontaine naturelle qui venoit autrefois se décharger dans un bassin situé au milieu du Jardin, & que le superflu de l'eau que ce bassin pouvoit contenir étoit conduit par un canal dans un puits où elle se perdoit. M. Francini profitant du superflu de l'eau & de la profondeur du puits, a fait naître un jet d'eau artificiel dans le milieu du Jardin, qui produisoit un fort bel effet.

La première & seconde Figure de la Planche 6, représente le profil & l'élévation de la machine dont il s'agit, composée de deux *double chaînes sans fin*, faites de petites barres de fer liées ensemble par des charnières; à ces chaînes sont attachés des *godets* formant deux chapelets d'inégale hauteur qui tournent sur un *tambour* FEDG, ayant des *rainures* à l'endroit des chaînes, afin que les chapelets soient toujours entretenus dans la même direction, & l'intervalle des fuseaux de fer dont ce tambour est composé est égal à la longueur des *chaînons* qui forment les chaînes, pour que le grand chapelet venant à tourner avec le tambour, l'autre soit contraint de tourner aussi.

L'essieu du tambour est soutenu par deux poteaux P, affermis par des liens assemblés avec les semelles qui sont sur le bord du puits, & fortifiés par deux entretoises QR, dont celle d'en bas sert à soutenir la cuvette A, dans laquelle vient se rendre le superflu de l'eau du bassin.

1193. Les godets B du grand chapelet sont faits de plaques de cuivre, formant un vaisseau plus large à l'entrée qu'au fond, pour recevoir mieux l'eau de la cuvette A, qui coule sans cesse par la Gargouille X; cette Figure convient d'autant mieux à ces godets, que lorsqu'il y en a un de plein, le surplus de l'eau coulant le long de sa surface, va se décharger naturellement dans le godet qui est au-dessous, de ce second dans le troisième, ainsi de suite de l'un dans l'autre, sans que l'eau puisse se perdre en jaillissant de côté.

Les godets c du petit chapelet ont la même figure que les précédens, avec cette différence qu'ils sont fermés de toutes parts, excepté à l'endroit S où ils ont un petit *goutier* vers le fond le plus étroit

Quelle doit
être la fi-
gure & la
disposition
des godets
des grans &
des petits
chapelets.

PLAN. 6.
FIG. 1.
& 2.

étroit, lequel se trouve en haut, lorsque les godets étant pleins d'eau, montent pour la décharger dans la cuvette supérieure MI. Pour plus d'intelligence, l'on a dessiné en particulier un godet du grand & du petit chapelet, qui montrent la situation où ils se trouvent, lorsqu'étant remplis d'eau, ceux du grand descendent dans le puits, & ceux du petit montent pour aller se décharger dans la cuvette supérieure.

Quoique la première figure ne représente qu'un chapelet vû de côté, elle peut servir à expliquer la manœuvre de chacun en particulier. Par exemple, l'on peut prendre les godets B pour ceux du grand chapelet, lorsqu'ils descendent dans le puits, & les autres H du même lorsqu'ils montent à vuide. Que si au contraire il s'agit du petit chapelet, l'on jugera de la situation de ses godets H quand ils montent pleins d'eau, & du sens où ils se trouvent en B, quand ils descendent vuides.

L'on a ajusté à l'axe du tambour une roue dentée O, qui s'engraine avec un pignon ou lanterne N, répondant à un volant pour entretenir l'uniformité du mouvement de la machine, afin qu'elle n'aille point par secousse, & qu'elle ne se ressent pas des petites altérations que pourroient causer les obstacles qui se rencontrent en chemin.

1194. Comme le grand chapelet est supposé descendre dans le puits à une profondeur un peu plus grande que la hauteur où on veut élever l'eau au-dessus du rez-de-chaussée, il y aura toujours un plus grand nombre de ses godets qui descendront pleins d'eau, qu'il n'y en aura du petit chapelet qui la porteront au sommet du tambour; par conséquent le poids de l'eau qui descend se trouve supérieur à celui de celle qui monte, le grand chapelet sera nécessairement tourner le petit, dont les godets se rempliront en passant dans la cuvette A, qui doit pour cela avoir une certaine profondeur, afin que l'eau ait le tems de s'y introduire.

À l'égard de la vitesse qui peut convenir au jeu de cette machine, ce n'est gueres que par l'expérience qu'on peut la déterminer, en augmentant ou en diminuant le nombre des godets du grand chapelet, pour sçavoir à quel point la puissance doit être supérieure au poids; ce qui doit dépendre aussi de la dépense dont la source sera capable.

1195. Lorsque les godets du grand chapelet seront de même grandeur que ceux du petit, & que le premier chapelet sera un peu plus que double du second, il montera un peu moins d'eau dans la cuvette supérieure, qu'il ne s'en perdra dans le puits; c'est

PLAN. 6.
FIG. 1.

Explication
du jeu de
cette ma-
chine.

Le rapport
de la c. po-
tenti des go-
dets du
grand & du

K k

petit chapelet, dont se régir sur celui qui est entre la chute & la hauteur où on veut élever l'eau.

à-dire, qu'on élèvera un peu moins de la moitié du produit de la Source. Que si l'on vouloit qu'il en montrât davantage que la moitié, mais à une hauteur moindre que la chute, il faudroit alors faire la capacité des godets du petit chapelet, plus grande que celle des godets de l'autre, dans la raison réciproque de la chute de l'eau à la hauteur où elle sera élevée; & au contraire lorsqu'on voudra faire monter l'eau à une hauteur plus grande que la chute, faire des godets du petit chapelet moindre que ceux du grand, encore dans la raison réciproque de la descente & de la montée de l'eau; alors il en montera moins qu'il ne s'en perdra dans le puits, dans le rapport réciproque des mêmes termes.

On voit que dans le cas où M. Francini s'est servi de cette machine, l'eau après avoir été élevée dans la cuvette supérieure NI, descendoit ensuite par un tuyau de conduite, & alloit jaillir dans le bassin du Jardin, d'où elle venoit se rendre dans la cuvette A, & se réunir avec celle de la Source, pour faire agir tout de nouveau le grand & le petit chapelet; de sorte que par le moyen de cette circulation, une Source d'une dépense médiocre faisoit monter sans interruption une grande quantité d'eau, dont on auroit pu emprunter une partie pour tel usage qu'on auroit voulu.

La principale difficulté qui se rencontre dans l'exécution de cette machine, est de pouvoir faire un puits plus profond que la chute, pratiquée dans un terrain où l'eau puisse se perdre, à moins qu'au fond du puits on n'ait la facilité de faire un Aqueduc pour la conduire dans un lieu plus bas.

Autre manière d'élever une partie de l'eau d'une Source quand on a une Chute.

196. Plusieurs personnes, à l'imitation de M. Francini, ont cherché le moyen d'élever l'eau d'une Source, quand on peut disposer d'une chute; en voici un fort simple, à l'aide de deux sceaux seulement, qui est le même dont se sert M. Bucker, mais qu'il a beaucoup perfectionné, comme nous le ferons voir par la suite.

PLAN. 6.
FIG. 3.

Pour bien entendre la manœuvre de ces deux sceaux, on sçaura que le premier A doit être plus grand que l'autre B, pour qu'étant tous deux pleins d'eau, le premier en descendant fasse monter le second; & qu'au contraire il faut, lorsque ces deux sceaux sont vuides, que le plus petit B pèse davantage que le premier A, pour contraindre celui-ci de monter; ce qu'on pourra faire en chargeant le plus petit B d'un poids qui lui donne cet avantage:

Par exemple, je suppose que le petit sceau pèse 6 lb de plus que le grand, mais qu'en récompense, lorsqu'ils seront tous les deux pleins, ce dernier contienne six pintes d'eau plus que l'autre, équivalente à un poids de 12 lb; alors le grand sceau pesant 6 lb de plus que le petit, emportera ce dernier, qui enlèvera le grand à son tour par l'action des 6 lb qu'il pesera de plus, quand ils seront tous deux vuides. J'ajouterai que le sceau B doit être entouré dans le milieu de sa hauteur d'un anneau ou cercle de fer P, d'un diamètre plus grand que celui du sceau, pour lui tenir lieu d'anses, indépendamment de celui qu'il a de commun avec les sceaux ordinaires, & que l'autre A doit avoir un pareil cercle Q attaché vers le fond.

En suivant cette idée, l'on suppose qu'on a conduit l'eau d'une source dans une cuvette ou réservoir E, & qu'elle coule sans cesse par la gargouille F, répondant à une chute CD; que les deux sceaux dont nous venons de parler sont attachés à une corde ou chaîne qui passe sur une poulie R, de manière que quand le petit sceau B se trouve plongé dans l'eau de la cuvette, l'autre A reçoit celle qui coule par la gargouille F.

1197. Quand le sceau A sera plein, il descendra & fera monter l'autre B d'une hauteur égale à la descente du premier, qui sera mesurée par la chute; & lorsque le plus petit B sera parvenu à la hauteur de la cuvette où il doit se décharger, l'anneau dont il est entouré venant rencontrer le crochet O, fera incliner ce sceau qui se vuidera dans la cuvette; & comme dans ce moment l'anneau de l'autre sceau A doit rencontrer aussi au pied de la chute un crochet qui l'inclinera de même; les deux sceaux se vuidront dans le même tems: ensuite le petit se trouvant plus pesant que le grand, contraindra ce dernier de monter pour recommencer la même manœuvre.

*Explication
du jeu de
cette Ma-
chine.*

L'on suppose que l'essieu de la poulie R est accompagné d'une roue dentée S, qui s'engraine avec un pignon T, répondant à un volant qui tourne tantôt d'un sens & tantôt de l'autre alternativement, selon que les sceaux sont pleins ou vuides, pour entretenir l'uniformité du mouvement (1193).

1198. Comme il peut arriver que la chute CD se trouve plus petite que la hauteur où on veut élever l'eau, l'on pourra alors suspendre les sceaux K & L à deux lanternes différentes M, N, dont les diamètres soient dans la raison réciproque de la chute & de la hauteur où on veut élever l'eau, observant que ces deux lan-

*De quelle
manière l'on
peut faire
que l'eau
monte plus
haut que la
chute.*

K k ij

PLAN. 6. ternes doivent être attachées à un effieu commun pour tourner avec lui.

FIG. 4. Par exemple, si la chute étoit de 10 pieds, & qu'on voulut élever l'eau à 30, il faudroit que le rayon de la lanterne M qui répond au petit seceau L, fut triple du rayon de la lanterne N, qui soutient le grand seceau L K; mais alors les poids devant être dans la raison réciproque de leur bras de levier, la capacité du petit seceau ne fera que le tiers de celle du grand, & même un peu moindre, pour que le grand pût l'emporter.

L'on conviendra que cette maniere de faire monter l'eau est fort ingénieuse & de la dernière simplicité; je me contente d'en donner seulement l'idée, car s'il étoit question de la mettre en pratique, il faudroit y ajouter plusieurs choses que je passe sous silence, & sans lesquels je doute que cette machine pût réussir; car il faut que les seceaux en montant & en descendant suivent toujours la même direction, & que lorsqu'ils sont arrivés à leur termes, ils se voident tous deux en même tems.

Plusieurs personnes en France on voulu s'attribuer le mérite de cette invention; mais j'ai appris de M. Cromwel Mortimer, Secrétaire de la Société Royale de Londres, que *Girónimo Finigio* en est le premier Inventeur, ayant mis cette machine au jour à Rome en 1616; cependant comme elle n'a été exécutée qu'en Angleterre, d'une maniere qui ne laisse rien à désirer, on ne peut douter que M. Bucket ne l'ait beaucoup rectifiée.

Messieurs
de la Société
Royale
de Londres
envoient à
l'Auteur la
Machine de
M. Bucket.

1199. Messieurs de la Société Royale de Londres, prevenus que je devois rapporter dans mon *Architecture Hydraulique*, les plus belles machines qui avoient été exécutées en Europe pour élever l'eau, m'ont envoyé ce qu'ils avoient d'intéressant en Angleterre sur ce sujet, entre-autres celle de M. Bucket que l'on voit représentée en perspective par la cinquième figure, telle que M. Cromwel Mortimer me l'a adressée, avec la description que voici, à laquelle j'ai changé peu de choses, ayant été fidèlement traduite sur l'Original écrit en Anglois.

*Description de la Machine rectifiée en Angleterre par
Monsieur Bucket.*

1200. A est une petite source qui fournit par minute environ 16
PLAN. 6. pintes d'eau, mesure de Paris, conduite à 36 toises de distance par
FIG. 5. un petit canal dans un réservoir B, contenant environ 48 pintes: ce

reservoir est placé au sommet d'une chute BC de 10 pieds de hauteur.

C, est un puisard recevant le superflu de l'eau du reservoir B, qui s'écoule ensuite par le canal D.

E, représente le plan du bâtiment tracé sur une échelle de 8 pieds par pouces.

FG, Vue interieure du bâtiment, qui comprend la machine, tracée sur une échelle de 4 pieds par pouces.

H, I, K, représente trois plancheis différens, convenant à la disposition de la machine.

LMN, Assemblage de charpente, sur lequel sont appuyées les parties superieures de la machine, que l'on a rendues sensibiles, en supprimant les pieces de charpente qui les cachoient.

O, Axe de $3\frac{1}{2}$ pieds de longueur, placé horizontalement, tournant sur ses tourillons; cet axe est commun à trois roues.

La premiere P a 2 pieds de diametre, & 5 pouces d'épaisseur, sur laquelle on a pratiqué un canal comme aux poulies.

La seconde roue Q a 6 pieds de diametre, ayant des rebords sur sa circonférence, qui forment un canal d'un pouce & demi de largeur, allant en spirale, dont le plus grand écart sur une seule révolution est de 2 pouces.

La troisième R a 3 pieds 10 pouces de diametre, appliquée sur les rays de la précédente Q: sa circonférence est accompagnée de rebords comme les autres, & faite aussi en spirale, de maniere que dans une révolution, le plus grand écart du centre n'est que de $\frac{1}{2}$ pouces.

Sur la roue P est attachée une chaîne platte & fort flexible, laquelle après avoir entourée la circonférence, se divise en deux autres chaînes P, S, qui se maintiennent toujours dans la même direction verticale.

A ces chaînes est attachée une verge de fer qui porte le grand sceau d fait de cuivre.

Sur la roue Q est aussi attachée une chaîne platte comme la précédente: quand cette roue a fait un tour de la gauche à la droite, sa circonférence a pris autant de chaînes qu'il s'en rencontre entre T & 2T.

La partie inferieure de cette chaîne depuis 2T jusqu'à 3T, est croisée par des petites barres, qui entrent dans les coches ou crans pratiqués dans les rebords de la roue Q; par ce moyen on empêche cette partie de la chaîne de toucher celle qui enveloppe la circonférence, & on fait naître l'équilibre avec la chaîne & la verge.

SS qui répond à la roue P, par les compenſations de bras de levier que cauſent les ſpirales.

Sur la roue R eſt attachée une corde dont l'autre bout entoure la circonférence d'une roue V, de 2 pieds de diamètre.

L'axe de la roue V eſt commun à une autre roue W d'un pied de diamètre, à la circonférence de laquelle eſt attachée une corde qui paſſe ſur une poulie, & de-là va répondre à un poids qu'elle fait mouvoir dans une boete X, attachée à l'extrémité du levier YX du quart de roue Yaa.

Yaa, eſt un quart de roue mobile ſur l'axe Y, ſur la circonférence duquel l'on a ménagé des poulies qui tournent entre des platines de fer, & ſervent à recevoir la corde qui ſe déroule de deſſous la roue W.

Z, eſt un poids de plomb attaché à demeure pour contrebalancer celui des chaînes, & leur faire garder un parfait équilibre en toute ſorte de ſituations.

L'on a attaché à l'axe O une roue de fer pour faire agir un balancier b, à l'aide de pluſieurs engrainemens, pour entretenir l'uniformité du mouvement de la machine.

A l'extrémité de la chaîne TT, il y a un ſceau de cuivre e contenant environ 20 pintes, ayant au fond une ſoupape à clapets, placée du côté gauche, avec un goulot de décharge placé vers le ſommet du côté droit.

D'autre part, au bas de la verge SS eſt attaché le plus grand ſceau d auſſi de cuivre, contenant environ 60 pintes, dans le fond de ce ſceau eſt encore une ſoupape qui s'ouvre par le moyen d'une détente qui vient rencontrer un pivot placé dans le puisard C.

I, I ſont des barres de fer quarrées, qui guident les ſceaux en montant & en descendant; ces ſceaux ayant des oreilles accompagnées de rouleaux de cuivre qui s'appliquent contre trois faces de chacune des barres.

1201. Quand le petit ſceau deſcend, il vient rencontrer une détente 4, 5, qui répond à un levier 6, 7, dont le centre de mouvement eſt à l'extrémité 6; alors ce levier en baiſſant agit par l'autre extrémité 7, & fait ouvrir une ſoupape placée en B dans le fond du reſervoir, qui laiſſe à l'eau la liberté de couler dans un tuyau à deux branches dont l'une remplit le ſceau e, & l'autre, le ſceau d.

Quand le petit ſceau a reçu environ 18 pintes, l'eau commence à ſortir par le goulot que l'on a pratiqué vers le ſommet d'une de ſes faces, & eſt reçue dans le baſſin 4, de-là coule dans un tuyau qui paſſant ſous le reſervoir B, va ſe décharger dans le ſceau d, tant

Explication
du jeu de
cette Ma-
chine.

qu'il soit assez plein pour emporter l'autre par son poids; & aussitôt que le petit sceau commence à monter, cessant d'appuyer sur la détente 4, 5, la soupape qui est en B au fond du réservoir se referme, & l'eau qui peut être restée dans le bassin 4 continuant de se rendre dans le sceau d, contribue à en précipiter la descente.

Comme la grande roue Q à laquelle répond la chaîne du petit sceau, a 6 pieds de diamètre, tandis que celui de la petite P qui porte le grand sceau n'est que de 2 pieds, l'on voit que la chute étant de 10, l'eau est élevée à 30.

Quant le petit sceau est parvenu à la hauteur du plancher L, il élève l'auge F, ensuite frappe avec sa détente un pivot placé en E; alors la soupape de ce petit sceau s'ouvre, & l'eau qu'il contient se décharge dans une cuvette placée à la hauteur F, de-là descend par le tuyau gg, pour se rendre dans le lieu où l'on en a besoin.

Dans le même instant que le petit sceau fait cette manœuvre, il arrive que le fond du grand, venant à rencontrer un pivot placé au bas de la chute, sa soupape s'ouvre, & l'eau qu'il contient se vide dans le puisard C, & de-là se décharge par le canal D, après quoi les deux sceaux se trouvant vides, la pesanteur propre du petit emporte celle du grand; le premier descend, le second monte pour s'emplir de nouveau & recommencer la même manœuvre.

Si l'on a fait les circonférences P & Q en spirale, c'est afin que le poids des chaînes soit toujours en équilibre, tandis que l'une & l'autre se roulent & se déroulent alternativement; mais ce qui contribue le plus à entretenir cet équilibre, c'est particulièrement le quart de roue aa, joint à l'effet du levier X avec son poids Z qui agit dans toute sa force sur la roue Q, quand le levier se rencontre dans la situation horizontale, ce qui arrive lorsque la chaîne T est déroulée; car il est bon d'observer qu'à mesure que cette chaîne se roule, le levier YX approche en descendant de la situation verticale; ainsi le poids de la chaîne TT diminuant d'une part, l'action du poids X diminue de l'autre, jusqu'au moment où le poids Z cesse d'agir sur la roue R; ce qui se rencontre quand le poids X est au bas de sa boete où il est entraîné par l'action de sa pesanteur qui devient toujours plus grande à mesure que le plan sur lequel il repose est plus incliné; ainsi par ce moyen la corde à laquelle est attaché ce poids est toujours bandée.

Quand le petit sceau commence à descendre, le poids mobile X remonte le long de son plan, avant qu'aucun mouvement soit communiqué au levier YX (que l'on suppose pendant), mais à me-

sure que la chaîne T se déroule de dessus la roue Q, son poids augmentant, tandis que celui de l'autre chaîne S diminue en se roulant sur la roue P, il arrive que le levier YX approchant de plus en plus de la situation horizontale, le poids Z agit de nouveau sur la roue R, pour en retarder la vitesse, & entretenir l'équilibre nécessaire, pour que le petit sceau ne descende point avec trop de précipitation.

A l'égard du balancier *b*, il contribue beaucoup à régler le mouvement de la machine pour l'entretenir uniforme; & comme il continue à tourner après que les sceaux sont parvenus à leur termes, soit qu'ils montent ou qu'ils descendent, ils se trouvent par là entretenus fermes & immobiles, tandis qu'ils se vident & se remplissent, sans qu'ils puissent recevoir de contre-coup, ni rebondir après leur chute.

Quand cette machine va le plus lentement, elle n'élève qu'un sceau ou environ 18 pintes d'eau en cinq minutes; mais cette quantité augmente à mesure que la source est plus abondante. Au reste, l'on pourroit faire une machine semblable à celle-ci, qui élèvera un muid d'eau par minute, & même davantage si la source en étoit capable.

1202. Cette machine qui est construite à Chicley dans le Comté de Buckingham, fournit aux besoins de la maison & jardins du Chevalier Jean Chester Baronet. Tous les Artistes qui l'ont vue avouent qu'elle est parfaite dans son genre; elle a été approuvée avec éloge par M. Newton & par M. Fleuri Beigthon qui en a fait la description.

*Conclusion
sur ce qui
regarde ces-
se machine.*

Quoique la rectification de cette machine soit attribuée à M. Bucket, il paroît par un certificat de M. le Chevalier Chester, qu'elle a été construite chez lui par un nommé Georges Gerves, qui en a dédié le dessin gravé à Messieurs de la Société Royale, ce qui feroit croire qu'il a beaucoup contribué à la rendre aussi parfaite qu'elle l'est présentement.

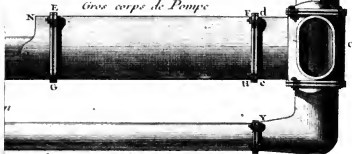
Après avoir donné la description des plus belles machines dont on peut faire usage, pour élever l'eau d'une Source ou d'une Rivière dans une cuvette, il nous reste à prescrire des règles pour la conduire de cette cuvette, par des tuyaux, aux différents endroits où elle doit être distribuée, afin que le diamètre de ces tuyaux soit proportionné à la quantité d'eau qui doit y couler, relativement à sa vitesse quelle aura, & à la longueur du chemin qu'elle doit parcourir; c'est ce que nous allons faire dans le Chapitre suivant.

CHAPITRE II.

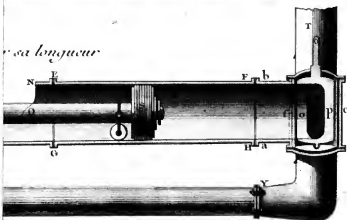
d'une Chute au dessus de la Source

hinc

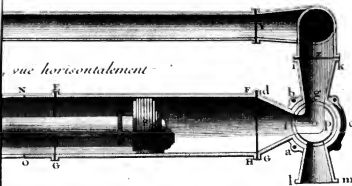
Gros corps de Pompe

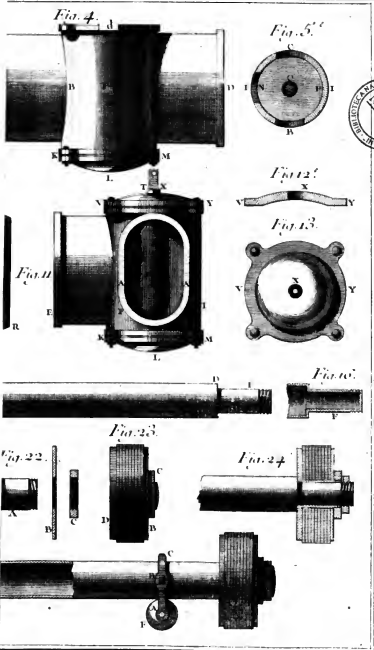


vue sa longueur

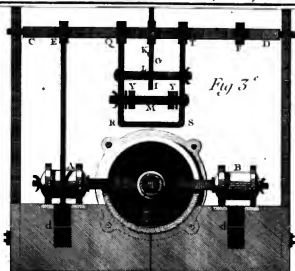
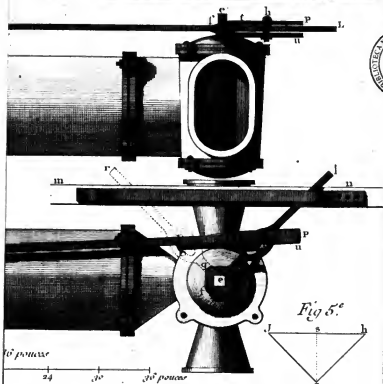


vue horizontalement

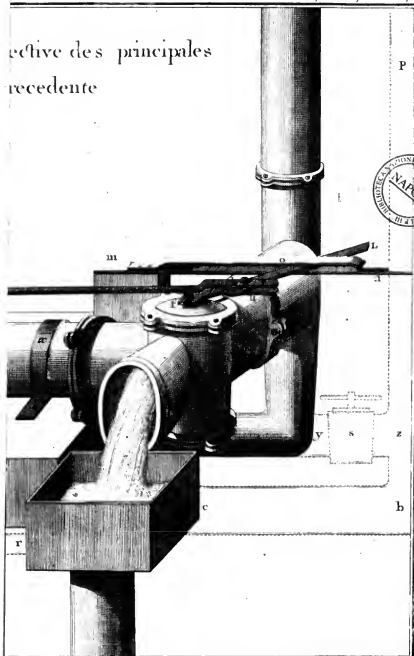




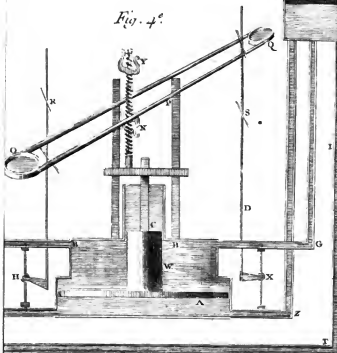
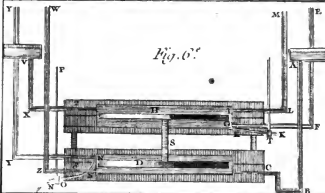
ne Machine
ment du
ite

Fig 3^eFig 5^e

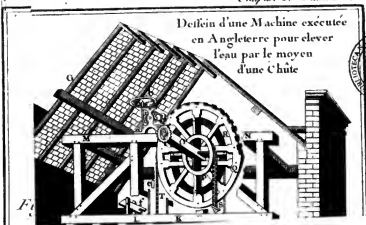
ective des principales
recedente



Une Machine avec la quelle toute
Source peut s'élever elle même
de son niveau.

Fig. 4^eFig. 6^e

Deſſein d'une Machine exécutée
en Angleterre pour élever
l'eau par le moyen
d'une Chûte



18, qui étant multiplié par u , donne
 $xu = m$, qui montre que pour avoir par minute la dépense
me 11.

L 1

CHAPITRE II.

De l'Action de l'Eau dans les Tuyaux de conduite.

1203. L'On sçait que l'eau renfermée dans un tuyau recourbé, comme un *Siphon*, dont une des branches repend à une source ou réservoir, remonte dans l'autre branche au même niveau, où elle reste tranquille, à moins qu'une force supérieure à l'action de la colonne qui la soutient, ne lui imprime de la vitesse & ne la contraigne de se décharger dans une cuvette destinée à la recevoir. Que si l'on veut que cette force vienne de la part de l'eau contenue dans la première branche, il faut nécessairement faire la seconde moins élevée, & d'autant moins que l'on voudra qu'elle fournisse une plus grande quantité d'eau, laquelle sera toujours relative à la grosseur du tuyau & à la vitesse qu'elle aura à sa sortie.

L'eau qui est conduite dans un siphon ne peut entrer par une branche & sortir par l'autre que par l'effice de la première ne soit plus élevée que celui de la seconde.

Il suit que lorsqu'on voudra faire remonter dans un tuyau une certaine quantité d'eau déterminée, il faut si le diamètre du tuyau est donné, que l'eau y coule avec une vitesse capable du produit que l'on demande, & qu'il y ait un certain rapport entre les hauteurs des branches du Siphon.

1204. Il y a donc trois choses à considérer pour faire remonter l'eau par des tuyaux. La première, la quantité que l'on en veut avoir. La seconde, la superficie du cercle du tuyau ; & la troisième, la vitesse de l'eau. Or comme la superficie du cercle du tuyau multipliée par le chemin que fera l'eau pendant une minute, sera égale à sa dépense dans le même tems ; l'on peut avec ces trois grandeurs former une équation, par le moyen de laquelle connoissant deux de ces grandeurs, l'on aura la troisième.

A quoi il faut avoir égard quand on veut conduire l'eau par des tuyaux.

1205. Nommant d , le diamètre du tuyau en pouces ; m , la dépense par minute ; u , la vitesse de l'eau à la sortie du tuyau ; l'on aura $\frac{dd}{144}$ pour le rapport du carré du diamètre à une superficie d'un pied carré, qui donnera celle du cercle, en disant, comme 14 est à 11 ; ainsi $\frac{dd}{144}$ est à un quatrième terme, qui sera exprimé par $\frac{11dd}{2016}$, ou à peu près par $\frac{dd}{183}$, qui étant multiplié par u , donne $\frac{dd}{183} \times u = m$, qui montre que pour avoir par minute la dépense

Formule pour connoître la dépense d'un tuyau dont on a le diamètre, & la vitesse de l'eau.

exprimée en pieds cubes, d'un tuyau de conduite, dont on connoît le diamètre & la vitesse de l'eau, il faut multiplier le quarré du diamètre par la vitesse de l'eau, & diviser le produit par le nombre constant 183; le quotient donnera la quantité de l'eau que l'on demande.

Connoissant le diamètre & la dépense d'un tuyau, trouver la vitesse de l'eau; ensuite connoissant la dépense & la vitesse de l'eau, trouver le diamètre du tuyau.

1206. Comme l'on tire aussi de cette équation $n = \frac{183 \times m}{d^2}$, il suit que lorsqu'on connoitra le diamètre du tuyau, & sa dépense exprimée en pieds cubes, on aura la vitesse de l'eau par minute, en multipliant la dépense par le nombre 183, & en divisant le produit par le quarré du diamètre.

Comme l'on tire encore de la même équation $d = \frac{\sqrt{183 \times m}}{n}$, il suit que pour avoir le diamètre du tuyau, en connoissant sa dépense exprimée en pieds cubes, & la vitesse de l'eau par minute, il faut multiplier la dépense, par le nombre 183, diviser le produit par la vitesse, & extraire la racine quarrée du quotient, qui donnera le diamètre que l'on cherche.

Explication de la figure relative à la théorie suivante.

FIG. 1.

Formule pour déterminer le rapport qu'il doit y avoir entre les branches de chasse & de fuite, relativement à la dépense du tuyau.

1207. Pour connoître le rapport qu'il doit y avoir entre les hauteurs des tuyaux de chasse & de fuite, relativement à la vitesse qu'on veut donner à l'eau, nous supposons que AB représente une cuvette, recevant sans cesse l'eau d'une source ou d'une machine; qu'au fond de cette cuvette est un tuyau de chasse FD, dont l'orifice CD est proportionné à la quantité d'eau que la source fournit, de manière qu'il soit toujours plein, malgré la dépense qui s'en fera à sa sortie EP, qui aboutit à un tuyau horizontal EN de même grosseur, répondant à une branche de fuite GKN, qui conduit l'eau de la source dans une cuvette ou réservoir LM; & qu'il s'agit de sçavoir quelle sera la hauteur GQ de ce tuyau, par rapport à la chute VDE, pour qu'il sorte de l'orifice R, une quantité d'eau égale à celle que l'on veut tirer de la source.

1208. Selon ce qui a été dit dans les articles 899, 900, 901, qu'il convient de relire pour plus d'intelligence, il faut que la colonne GQKS soit poussée de bas en haut par l'eau de la communication FS, avec la vitesse qu'elle doit avoir à la sortie de l'orifice R, & que la hauteur GQ de cette colonne, soit égale à la chute capable de la vitesse respective de l'eau de la chute VDE, puisqu'il est indifférent que l'eau de la communication pousse un piston de bas en haut, ou qu'elle agisse immédiatement sur la colonne dont elle doit surmonter la résistance; c'est pourquoi tout ce que nous avons dit dans les mêmes articles, peut s'appliquer au sujet dont il s'agit présentement. Ainsi nommant *a*, la chute VDE; *b*, celle

qui est relative à la vitesse de l'eau qui doit sortir par l'orifice R ; c, la hauteur GQ où on veut élever l'eau, ou la chute capable de la vitesse respective ; (901) l'on aura en prenant les racines des chutes pour les vitesses qui leur répondent, $\sqrt{a} = \sqrt{b} + \sqrt{c}$ (433), qui est la même formule que dans l'article 899, par le moyen de laquelle l'on trouvera telles des trois grandeurs a, b, c que l'on voudra, en connoissant les deux autres. Par exemple, comme l'on en tire $\sqrt{a} - \sqrt{b} = \sqrt{c}$, qui étant carré, donne $a + b - 2\sqrt{ab} = c$; l'on voit que pour avoir la hauteur GQ de la branche de fuite, il faut ajouter la hauteur VDE (a) de la source, à la chute capable de la vitesse de l'eau (b) à la sortie de l'orifice R, & soustraire de la somme de ces deux chutes, le double de la moyenne proportionnelle, prise entre les mêmes chutes ; la différence donnera la hauteur où l'eau de la source peut être élevée.

FIG. 1.

1209. Si l'on connoissoit les hauteurs VDE, QG des tuyaux de chasse & de fuite, & que l'on voulut connoître la dépense par minute de l'orifice R ; considérez que l'on tire de la première équation $\sqrt{a} - \sqrt{c} = \sqrt{b}$, ou $a + c - 2\sqrt{ac} = b$, qui montre qu'il faut ajouter ensemble les hauteurs des tuyaux de chasse & de fuite, soustraire de la somme le double de la moyenne proportionnelle, prise entre les mêmes hauteurs ; la différence donnera la chute capable de la vitesse qu'aura l'eau par seconde, à la sortie de l'orifice R. Si l'on multiplie cette vitesse par la superficie de l'orifice, & le produit par 60, l'on aura la-dépense que l'on demande.

Connoissant la hauteur des branches de chasse & de fuite, trouver la vitesse de l'eau que dépassera cette dernière.

1210. Enfin si l'on vouloit élever l'eau à une certaine hauteur déterminée GQ, pour se décharger par l'orifice R, avec une vitesse aussi déterminée, & qu'on voulut connoître la hauteur de la chute VDE, capable de la faire remonter avec les deux conditions proposées ; considérez que l'on tire encore de la première équation $a = b + c + 2\sqrt{bc}$, qui montre que pour avoir la hauteur du tuyau de chasse, il faut chercher d'abord la chute capable de la vitesse de l'eau à la sortie de l'orifice R, l'ajouter à la hauteur GQ du tuyau de fuite, & joindre à la somme le double de la moyenne proportionnelle, prise entre les deux grandeurs ajoutées.

Connoissant la vitesse de l'eau à la sortie de la branche de fuite, & la hauteur de cette branche, trouver celle de la branche de chasse.

1211. Comme on ne peut augmenter la vitesse de l'eau qui doit sortir par l'orifice R, sans diminuer la hauteur GQ du tuyau de fuite, ni augmenter la hauteur de ce tuyau, sans diminuer la vitesse de l'eau qui doit en sortir, lorsque la chute VDE demeure constante ; l'on conçoit naturellement que la branche de fuite doit avoir une certaine hauteur, par rapport à la branche de chasse, pour que l'eau monte le plus haut qu'il est possible, & qu'elle vienne se rendre en même-tems avec le plus de vitesse qu'il est possible dans

Les hauteurs des branches de chasse & de fuite, doivent avoir entre elles un certain rapport déterminé, pour que le

L l ij

rayon de conduite élevés le plus d'en à la plus grande hauteur.
FIG. 1.
Pour que la plus grande hauteur réponde à la plus grande dépense, il faut que la hauteur de la branche de fuite ne soit que les quatre neuvièmes de celle de chaffe.

Quand la plus grande hauteur répond à la plus grande dépense, cette dépense n'est que le tiers de celle de la source.
Connaissant la dépense d'une source, la chute & le diamètre du tuyau de conduite, savoir à quelle hauteur l'eau peut être élevée.

la cuvette LM, afin que le plus grand produit, réponde à la plus grande élévation.

1212. Pour déterminer le *Maximum*, nous nommerons encore a , la hauteur VDE du tuyau de chaffe, & x , la hauteur GQ du tuyau de fuite; ainsi la vitesse entière de l'eau de la chute sera \sqrt{a} , & la vitesse respective \sqrt{x} , puisqu'elle est celle dont la hauteur QG peut être capable; & la vitesse de l'eau qui doit monter dans la branche de fuite, sera $\sqrt{a} - \sqrt{x}$, qui étant multiplié par x , quarré de la vitesse respective, qui exprime la résistance de la colonne qu'on veut élever; l'on aura $\sqrt{axx} - \sqrt{x^3}$, ou $a^{\frac{1}{2}}x - x^{\frac{3}{2}}$ pour la quantité de mouvement de la colonne de fuite, dont prenant la différentielle, pour l'égalier à zéro comme à l'ordinaire, il vient $a^{\frac{1}{2}}dx - \frac{3}{2}x^{\frac{1}{2}}dx$, ou $a^{\frac{1}{2}} = \frac{3}{2}x^{\frac{1}{2}}$, dont le quarré donne $a = \frac{9}{4}x$, ou $\frac{4}{9}a = x$; qui montre que pour que la plus grande dépense réponde à la plus haute élévation, il faut que la branche de fuite n'aye pour hauteur que les quatre neuvièmes de celle de chaffe.

1213. Si l'on extrait la racine quarrée de $\frac{4}{9}a = x$, il vient $\frac{2}{3}\sqrt{a} = \sqrt{x}$, qui montre que la vitesse respective, sera les deux tiers de la vitesse entière, dont la chute VDE peut être capable; que par conséquent la plus grande vitesse de l'eau à la sortie de l'orifice R, n'en sera que le tiers.

1214. Voulant appliquer à des exemples sensibles les regles que nous venons d'établir, nous supposons dans le premier, que l'on a une chute de 40 pieds, au sommet de laquelle est une source qui fournit 20 pouces d'eau, que l'on veut conduire par un tuyau de 4 pouces de diamètre, à la plus grande hauteur qu'il est possible, au-dessus du niveau du pied de la chute.

Pour cela on réduira en pieds cubes la dépense dont il s'agit, en multipliant les 20 pouces d'eau de 28 lb, (342) & en divisant le produit par 70 lb, il viendra 8 pieds cubes. Il faut ensuite, selon l'article 1205, chercher la vitesse que doit avoir l'eau dans le tuyau de conduite, en multipliant les 8 pieds cubes par 183, & en divisant le produit par 16, quarré du diamètre du tuyau, il viendra 91 pieds 6 pouces pour la vitesse de l'eau par minute, qu'il faut diviser par 60, afin de l'avoir par secondes, qu'on trouvera d'un pied 6 pouces 3 lignes.

Présentement, il faut, en se servant des Tables du premier Volume, chercher la vitesse relative à la chute, en retrancher celle de l'eau dans le tuyau; & la chute capable de la différence de ces deux vitesses, déterminera la hauteur où l'eau peut être élevée.

pour y dépenfer ce que fournit la source. Ainfi, en fuivant l'article 471, on trouvera qu'une chute de 40 pieds eft capable d'une vîteffe de 49 pieds par feconde, d'où retranchant celle de l'eau que nous venons de trouver d'un pied 6 pouces 3 lignes, la différence fera 47 pieds 5 pouces 9 lignes pour la vîteffe refpective, dont la chute eft de 37 pieds 7 pouces (472), qui eft la hauteur où l'eau pourroit remonter, fi fa vîteffe n'étoit point retardée par les coudes & les frottemens des parois du tuyau. C'eft pourquoi il faut, dans la pratique, donner à la branche de fuite moins de hauteur qu'on en trouvera par le calcul, & d'autant moins que la conduite fera plus longue, & qu'elle aura un plus grand nombre de coudes, ce qui ne peut gueres fe déterminer que par l'expérience; mais je ferai abstraction de ces obftacles dans les autres exemples que je vais rapporter.

1215. Si la hauteur où on veut élever l'eau étoit donnée, auffi bien que la vîteffe avec laquelle elle doit couler dans les tuyaux de conduite, & qu'on voulut connoître la hauteur du tuyau de chaffe, pour que toute l'eau puiſſe remonter naturellement dans la cuvette avec la vîteffe donnée; il faudroit ajoûter cette vîteffe, à celle dont peut étre capable une chute égale à la hauteur où on veut élever l'eau, chercher la chute relative à la fomme de ces deux vîteſſes, elle déterminera la hauteur d'où l'eau doit partir pour arriver au terme propofé. (901)

Connoître la hauteur où l'eau doit étre élevée, & fa vîteſſe à la ſortie de la branche de fuite, on demande la hauteur de la branche de chaffe.

Par exemple, l'on veut élever l'eau à une hauteur de 37 pieds 7 pouces, par le moyen d'un tuyau dans lequel elle doit couler avec une vîteffe d'un pied 6 pouces 3 lignes; il faut ajoûter cette vîteffe à celle dont eft capable une chute de 37 pieds 7 pouces, qui eft de 47 pieds 5 pouces 9 lignes; on trouvera 49 pieds pour la fomme de ces deux vîteſſes, laquelle répond à une chute de 40 pieds, qui eft la hauteur que l'on cherche.

1216. Lorsque la hauteur des tuyaux de chaffe & de fuite eft déterminée, de même que la groſſeur du tuyau de conduite; pour connoître la vîteffe de l'eau qui doit y couler, par conféquent ſa dépenſe, il faut chercher les vîteſſes relatives à la chute & à la hauteur où on veut élever l'eau, la différence de ces deux vîteſſes ſera celle qu'aura l'eau, qu'on n'aura plus qu'à multiplier par la ſuperficie du cercle du tuyau.

Les branches de chaffe & de fuite étre données, & le diamètre du tuyau de conduite, on demande quelle pourroit étre la dépenſe de ce tuyau.

Par exemple, l'on a une chute de 80 pieds, répondant à un tuyau de conduite de 6 pouces de diamètre; l'on veut élever l'eau à 70 pieds de hauteur au-deſſus du pied de la chute: on demande la quantité d'eau que la cuvette recevra par minute; il faut cher-

cher les vitesses relatives aux chutes de 80 & 70 pieds, qu'on trouvera de 69 pieds 3 pouces 4 lignes, & de 64 pieds 5 pouces 8 lignes, dont la différence donne 4¹/₂ pieds 5 pouces 8 lignes par secondes, pour la vitesse que l'on cherche, qui étant multiplié par 36, quarré du diamètre, & le produit divisé par le nombre constant 183, donne $\frac{16}{11}$ pieds cubes pour la dépense par secondes, qui étant multiplié par 60, il vient $5\frac{2}{3}$ pieds cubes, ou 6 $\frac{1}{2}$ muids pour cette dépense par minute, en supposant que la source en soit capable.

1217. De même connoissant la chute, la hauteur où on veut élever l'eau & la dépense de la source ; l'on demande quel doit être le diamètre du tuyau, pour que la grosseur de ce tuyau soit proportionnée à la dépense.

Connoissant la hauteur des bran- ches de chasse & de suite, & la dépense de la source, on demande quel doit être le dia- mètre du tuyau de conduite, pour qu'il soit capable de la dépen- se donnée.

Il faut chercher les vitesses relatives à la chute & à la hauteur du tuyau de suite ; soustraire l'une de l'autre pour avoir celle de l'eau, ensuite multiplier la dépense réduite en pieds cubes par le nombre constant 183, diviser le produit par la vitesse de l'eau, & la racine quarrée du quotient donnera le diamètre que l'on demande ; (1206) par exemple, si l'on suppose que la hauteur de la chute, & celle du tuyau de suite soient les mêmes que dans le cas précédent, la vitesse de l'eau sera de 4 pieds 5 pouces 8 lignes par secondes, ou de 268 pieds 4 pouces par minutes, & supposant aussi que la dépense de la source soit de $5\frac{2}{3}$ picds cubes par minute ; il faudra multiplier ce nombre par 183, & diviser le produit par 268 $\frac{1}{2}$ pieds, le quotient donnera 36, dont la racine est 6, pour le diamètre du tuyau, ce qui est bien évident, puisque nous nous sommes servi des mêmes grandeurs que dans l'exemple précédent.

Attention qu'il faut avoir dans la pratique pour que les règles précédentes aient lieu.

1218. Pour que les règles que nous venons d'établir puissent avoir lieu dans la pratique, il faut que le niveau de l'eau de la cuvette, ou du réservoir, soit toujours entretenu à la même hauteur ; que sa surface au-dessus de l'orifice du tuyau de chasse, soit assez élevée pour fournir à ce tuyau plus d'eau, qu'il ne s'en peut dépenser par l'orifice de suite, & c'est ce qui pourra arriver, lorsque la vitesse de l'eau à sa sortie de la cuvette, multipliée par le quarré du diamètre de la soupape qui répond au fond de la même cuvette, donnera un produit plus grand, que celui de la vitesse de l'eau à sa sortie de la branche de suite, par le quarré du diamètre de son orifice ; car il faut que la branche de chasse soit toujours parfaitement pleine comme si l'eau y étoit dormante, afin qu'elle soit capable de l'impulsion de la chute sur laquelle on aura fait le calcul. (532)

Remarque sur l'écoulement

1219. Il faut aussi que la cuvette soit assez grande, pour contenir une quantité d'eau capable de fournir sans interruption à la dé-

penſe de la conduite, & prendre bien garde qu'il ne ſe forme dans l'eau un entonnoir au-deſſus de l'orifice de chafſe, (527) parce qu'il pourroit arriver que l'eau ſe ſoutiendrait toujours au même niveau contre les parois de la cuvette, ſans que pour cela, la branche de chafſe fût parfaitement pleine, l'eau pouvant ſ'engorger à l'entrée du tuyau de chafſe, & faire croire que ce tuyau eſt plein quoiqu'il y ait un vuide vers le ſommet qui diminuera la hauteur de la colonne de chafſe. Il faudroit donc, pour éviter cet'inconvénient, évaſer le tuyau de cette colonne vers le ſommet & même le faire d'un diamètre au-deſſus de ce qu'il devroit être, afin que la viteſſe de l'eau, en deſcendant, ſoit la moindre qu'il eſt poſſible, pour qu'au pied de la chute, ſa force abſolue ne ſoit point altérée. Au reſte il n'eſt guere poſſible, malgré ces attentions, que l'eau puiſſe jamais avoir à la ſortie d'un tuyau de chafſe, la même force que ſi elle ſortoit par le fond d'un réſervoir fort ſpacieux de même hauteur que la chute, & où l'eau n'auroit, en deſcendant, qu'une viteſſe inſenſible. Car l'eau que dépense un tuyau vertical ne pouvant être remplacée par les côtés, puisſque la ſource eſt au ſommet, il faut néceſſairement qu'elle ait, en deſcendant, une viteſſe égale à celle de l'eau qui coule dans la conduite, ou ſi l'on veut, qui ſort de l'orifice de ſuite; ce qui eſt cauſe que l'eau vers le pied de la chute, ſe dérobe, pour ainſi dire, à l'impreſſion de celle qui la chafſe, dont elle ne peut recevoir qu'une pouſſée relative, parce qu'il ne regne point dans toute la hauteur du tuyau, cette contiguité de parties d'eau qui ſe rencontre dans l'eau dormante, & qui fait le progrès de la pouſſée, de laquelle réſulte la force abſolue.

Il ſuit de ce raifonnement, que plus l'eau qui coule dans une conduite, a de viteſſe, & plus la force abſolue de la colonne de chafſe eſt altérée, & comme la cauſe ne peut être modifiée, que ſes effets ne le ſoient auſſi; l'on peut conclure que les dépenses que l'on trouvera par le calcul, ſurpaſſeront toujours celles que donnera l'expérience, indépendamment du déchet cauſé par le frottement de l'eau contre les parois du tuyau de conduite, qui doivent néceſſairement en diminuer la viteſſe, par conſéquent la dépense.

1220. Pour inſinuer le ſentiment que l'on doit avoir, de la nature du frottement dont nous parlons, il faut conſidérer que les tuyaux n'étant point alaiſés, leurs parois comprennent une infinité de parties ſaillantes, dont les ſurfaces oppoſées à la direction de l'eau, ſont rejaiſſir celle qui vient les rencontrer, qui ſe trouve renvoyée ſur ſes pas, s'oppose au courant de celle qui ſuit, & en modifie la viteſſe; ce qui n'arrive ſenſiblement qu'aux parties de

de l'eau qui coule dans des tuyaux de conduite.

Quelle eſt la nature des frottements de l'eau dans les tuyaux de conduite.

l'eau, qui approchent le plus de la surface du tuyau, mais comme cette diminution de vitesse se communique selon une certaine gradation, aux autres parties de l'eau qui répondent à l'axe du tuyau, *ce n'est donc plus que par une vitesse moyenne entre la plus petite & la plus grande, c'est-à-dire, entre celle des parties de l'eau qui approchent le plus des parois du tuyau, & celle des parties qui répondent à l'axe, qu'on doit exprimer la vitesse uniforme de l'eau modifiée par rapport à sa vitesse naturelle.*

Comme un petit tuyau de même longueur qu'un autre plus gros, a plus de surface à proportion du volume d'eau qu'il contient, que le gros tuyau n'a de surface par rapport aussi au volume d'eau qu'il contient, réciproquement comme le diamètre du second tuyau est au diamètre du premier, (492.) *il suit que le rapport du déchet de l'eau du petit tuyau, à sa dépense naturelle, doit être au rapport du déchet du gros tuyau, à sa dépense naturelle, réciproquement, comme le diamètre du second, est au diamètre du premier, (493) toute chose d'ailleurs égale; par conséquent tout ce que nous avons dit de général sur le frottement de l'eau, dans la huitième section du troisième chapitre du premier livre, peut s'appliquer au calcul du déchet de l'eau qui coule dans des tuyaux de même longueur.*

Les frottemens de l'eau dans les tuyaux, en retardent la vitesse, selon l'ordre des termes d'une progression arithmétique.

FIG. 2.

1221. La cause qui produit les frottemens dans un même tuyau, se trouvant continuellement répétée le long du chemin que l'eau doit parcourir; *l'on voit que sa vitesse doit aller en décroissant, selon l'ordre des termes d'une progression arithmétique, dont le premier seroit exprimé par la vitesse naturelle de l'eau, à son entrée dans le tuyau de conduite, (que je suppose rectiligne & horizontal) & le dernier par la vitesse effective à la sortie du même tuyau.* Or si l'on suppose la longueur du tuyau divisée en un grand nombre de parties égales, la vitesse de l'eau devant diminuer à mesure que ses parties se présentent, cette diminution se fera dans l'ordre renversé de l'augmentation du tuyau.

Selon ce raisonnement, prenant la hauteur CD du trapeze ABCD pour la longueur du tuyau, la base AD, pour la vitesse naturelle de l'eau au pied de la chute, & le côté BC, pour la vitesse effective à la sortie de l'orifice de fuite; tous les élémens de ce trapeze exprimeront les vitesses différentes qu'aura eu l'eau avant d'arriver au point C, où étant parvenue, elle restera uniforme à la sortie du tuyau, ainsi que dans toute sa longueur.

Formule pour trouver la vitesse restante de l'eau

1222. En suivant cette idée, il s'agit de savoir quelle seroit la vitesse uniforme de l'eau, à la sortie G, d'un autre tuyau dont la longueur DG seroit moindre que DC; en supposant que les branches de chasse & de fuite, sont les mêmes que dans le premier cas.

Pour

Pour cela nous nommerons L , la longueur DC du premier tuyau; l , celle d'un autre plus court, mais de même diamètre; V , la vitesse naturelle AD de l'eau au pied de la chute; u , la vitesse effective BC trouvée par une expérience.

*dans les
tuyaux de
conduite.*

Menant la parallèle FG à la base AD , & la perpendiculaire BE , l'on aura CG ou $BH = L - l$, & $AE = V - u$; ainsi l'on pourra tirer des triangles semblables, BEA , BHF , la proportion suivante: $BE(L)$, $EA(V - u) :: BH(L - l)$, $HF = \frac{V - u \times L - l}{L}$, qui

donne $FH = V - u + \frac{ul - vl}{L}$, à quoi ajoutant BC ou $HG(u)$, il vient $FG = V - u + u + \frac{ul - vl}{L}$, ou $FG = V + \frac{u - v \times l}{L}$, qui

montre que pour avoir la vitesse qu'aura l'eau à la sortie G du tuyau FG , il faut prendre la différence de sa vitesse naturelle à la vitesse effective, multiplier cette différence par la longueur du tuyau le plus court, diviser le produit par la longueur de l'autre, & soustraire le quotient de la vitesse naturelle, le restant donnera la vitesse que l'on cherche.

*Dans une
conduite ex-
trêmement
longue, les
frottemens
pourroient
élever la
vitesse de
l'eau jus-
qu'à la ren-
dre nulle.*

1223. Il est bon de remarquer que dans le premier cas, le tuyau pourroit être d'une telle longueur, que l'eau cesseroit entièrement de couler pendant un tems, après être arrivée à un certain point, parce que la progression des vitesses allant en diminuant, il doit y avoir un terme qui se réduit à zéro, & qui se rencontrera au point N où vont se joindre les côtés prolongés AB , DC ; alors la longueur DN du tuyau (que nous nommerons l), exprimera celle qui répond à la plus petite vitesse; & comme les triangles semblables ABE , AND , donnent $AE(V - u)$, $EB(L) :: AD(V)$, $DN = \frac{LV}{V - u}$, l'on trouvera la longueur du tuyau qui répond à la plus petite

vitesse de l'eau, en multipliant celle du tuyau d'expérience DC par la vitesse naturelle de l'eau au pied de la chute, & divisant le produit par la différence de la vitesse naturelle à la vitesse effective, trouvée par l'expérience.

Si l'on vouloit connoître la vitesse KL d'un autre tuyau DL , (que nous nommerons encore l) plus grande que celle du tuyau d'expérience, & moindre que celle qui répond à la plus petite vitesse; considérez que les triangles semblables ABE , AKI donnent encore $BE(L)$, $AE(V - u) :: LD$ ou $KI(L)$, $AI = \frac{V - u \times l}{L}$, & comme l'on a $AD(V) - AI = ID$ ou KL ; l'on aura donc $KL = V + \frac{u - V \times l}{L}$, qui montre qu'il faut prendre la différence des deux

FIG. 2. *vitesse extrêmes du tuyau d'expérience, la multiplier par la longueur donnée du tuyau, diviser le produit par la longueur du tuyau d'expérience, & soustraire le quotient de la vitesse naturelle, pour avoir la différence, qui sera la vitesse que l'on cherche.*

La vitesse de l'eau peut être encore beaucoup retardée par les courbes & les cascades qui se rencontrent dans les conduites. Expériences de M. Couplet sur ce sujet.

1224. Si l'eau qui coule dans des tuyaux, n'avoit point d'autres obstacles à surmonter que ceux qui naissent de la part des frottements, l'on pourroit à l'aide de quelques expériences, déduire de ce qui précède, des règles assez exactes pour s'en servir dans la pratique; mais comme il arrive presque toujours que les grandes conduites, au lieu d'aller en lignes droites, vont en zigzag & même en ondoyant ou par cascades, à cause de la nécessité de les assujettir à la disposition du terrain, ce qui retarde beaucoup la vitesse de l'eau, ce n'est gueres qu'avec le secours d'un grand nombre d'expériences, faites dans les principaux cas, qu'on peut appliquer avec succès la théorie à la pratique. C'est à quoi l'on peut espérer de parvenir, depuis que M. Couplet a donné dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, de l'année 1732, un détail bien circonstancié de toutes les opérations qu'il a faites autrefois avec M. son pere & M. Villiard, sur la dépense des tuyaux de conduites qui amènent l'eau dans les réservoirs de Versailles, qui est peut-être le seul endroit du monde, où l'on trouve tout ce que l'on peut désirer, pour faire des expériences de la nature de celles dont nous parlons. J'avouerois que sans le secours que j'ai tiré des observations de ces Messieurs j'aurois été fort en peine de savoir où puiser les lumières qui me manquoient, pour donner dans ce chapitre toutes les instructions dont peuvent avoir besoin ceux qui sont travailler à la conduite des eaux; mais si l'équité m'oblige à publier le mérite des expériences de M. Couplet, ce que l'on doit à la vérité, ne me permet pas de dissimuler que les conséquences qu'il en a tiré, ne sont point justes, comme on en pourra juger après avoir lu l'article suivant.

Ceux qui ont écrit sur le mouvement des Eaux, se sont trompés, en exprimant la vitesse de celle qui devoit couler dans les tuyaux de conduite, par

1225. Ceux qui ont écrit jusqu'ici sur le mouvement des eaux, ont prétendu que lorsqu'on avoit un siphon, dont la branche de chasse CE, répondoit à une cuvette AB, toujours entretenue pleine d'eau, la vitesse de celle qui sortoit par la branche de fuite GK, devoit être exprimée par la racine carrée de l'excès VO, du niveau AX, au-dessus du sommet QK de la branche de fuite; dans la pensée que les deux colonnes TE, QS étant en équilibre, il n'y avoit que la seule TYVO qu'ils ont nommé *Charge*, qui causoit la dépense, laquelle selon eux, devoit être la même que celle qui se feroit par le fond TO, s'il étoit détaché du siphon; c'est-à-dire, qu'en fai-

fant abstraction de tout obstacle, la vitesse de l'eau à la sortie de la branche de fuite, devoit être égale à celle qu'un corps peut acquérir en tombant de la hauteur VO de la charge; au lieu que nous avons démontré dans l'article 1208, que cette vitesse devoit être exprimée par la différence de celle dont les chutes de chasse & de fuite pouvoient être capables, parce que la colonne de chasse YE, agissant avec une force relative égale au poids de la colonne de fuite QS de même hauteur que TE, sa quantité de mouvement, est nécessairement égale au produit de la vitesse de l'eau dans la conduite EN, & du carré de sa différence avec la vitesse correspondante de la chute VE. Or comme la racine quarrée de cette chute est moindre que la somme des racines de ses parties VO & OE, par la raison que l'hypoténuse d'un triangle rectangle est moindre que la somme des deux autres côtés, l'on voit encore un coup que la vitesse de l'eau à la sortie de l'orifice R, ne peut être exprimée par la racine quarrée de la hauteur de la charge, qui sera toujours beaucoup plus grande que la différence des racines des chutes de chasse & de fuite.

1226. Ces reflexions ayant échappé à M. Couplet, il a suivi la méthode qui étoit en usage, c'est-à-dire, d'estimer la vitesse de l'eau par les racines des charges, & non par la différence de celles des chutes, ce qui l'a jetté dans des erreurs considérables de calcul, lorsqu'il a voulu estimer la dépense naturelle des tuyaux sur lesquels il a fait ses expériences, pour la comparer avec la dépense effective; mais les plus grands Géomètres sont sujets à se tromper lorsqu'il s'agit des matieres qui ont rapport à la Physique, sans qu'on puisse leur en faire un reproche legitime, sur tout lorsque l'erreur a été transmise par un nombre d'auteurs célèbres. A cela près le Mémoire de M. Couplet comprend d'excellentes choses sur la maniere de mesurer des eaux avec précision, comme on en va juger par l'extrait que voici, qui pourra faire naître de nouvelles lumieres à ceux qui ne sont point à portée de lire cet ouvrage tel que l'Auteur l'a donné.

1227. M. Couplet commence par remarquer que quoique les loix du mouvement des eaux, ayent fait l'objet des recherches de plusieurs habiles Mathématiciens, le fruit qu'ils en ont tiré se réduit seulement à quelques regles sur la hauteur & la dépense des jets, qui ne peuvent être d'un grand avantage dans la pratique, parce que leurs expériences n'ont été faites que sur des conduites très-courtes, ou sur des conduites terminées par des ajutages, dans lesquelles conduites l'eau n'a pas à beaucoup près les mêmes frottemens que dans les grandes, & d'où l'eau sort à gueule bée, c'est

M m ij

la racine
quarrée de
la hauteur
de la char-
ge.

FIG. 1.

L'on mérit
plus d'ex-
cuse que de
blâme, lorf-
qu'en se
trompe sur
des sujets
qui ne sont
pas de pure
géometrie.
& quand
on ne fait
que suivre
ce qui a dé-
jà été éva-
lué par des
Auteurs cé-
lèbres.

Extrait du
Mémoire de
M. Couplet
sur la mé-
sure des
Eaux.

à-dire, par un orifice égal au cercle du tuyau; ainsi ils n'ont pu observer les différences considérables qui se rencontroient entre les quantités d'eau que l'expérience devoit donner, & celles que l'on trouvoit par leurs regles. A cette occasion M. Couplet rapporte, *qu'une conduite, qui suivant les mêmes regles, auroit dû fournir 61 pouces d'eau, n'en a fourni que 2 pouces 3 lignes, parce qu'elle étoit extrêmement longue, & qu'elle versoit ses eaux à gueule bée.*

Après cela, M. Couplet donne le détail du nivellement des cinq profils de conduite sur lesquels il a fait ses expériences avec M. son pere & M. Villiard; mais avant que d'entrer dans le détail des mêmes expériences, M. Couplet fait observer que la jauge des eaux se faisant toujours extrêmement en petit, la moindre erreur dans l'expérience fondamentale devient considérable, parce qu'elle se trouve répétée dans le calcul total; c'est pourquoi, il insinue qu'on ne sçauroit trop s'attacher à connoître la nature & la valeur des erreurs où l'on peut tomber.

Par exemple, comme il est presque impossible en se servant d'un étalon cubique, comme on fait ordinairement, de pouvoir juger à plus d'une ligne, ou d'une demie ligne près, s'il est parfaitement plein, il arrive que l'erreur regnant sur toute l'étendue de la surface de l'eau, elle se trouvera d'autant plus multipliée, que l'étalon aura une plus grande base; c'est pourquoi M. Couplet, pour éviter cet inconvénient, voudroit qu'on se servit d'un étalon pyramidal si pointu, qu'une ligne de plus ou moins de hauteur d'eau à son extrémité supérieure, pût être comptée pour rien par rapport à tout le volume de l'eau qu'il contient, & que l'étalon fut divisé par un nombre de diaphragmes, pour calmer la rapidité de l'eau, & empêcher les ondulations qui peuvent rendre la jauge équivoque.

Ensuite M. Couplet démontre géométriquement que les erreurs dans la jauge d'une même source, avec différens étalons, sont réciproques aux capacités des mêmes étalons, & que les erreurs qui résultent dans la jauge de différentes sources, avec un même étalon, sont entre elles comme les quarrés des dépenses ou valeurs des mêmes sources.

A l'égard des erreurs qui naissent de la part du tems employé à remplir l'étalon, M. Couplet fait voir que ce sont celles qui ont le plus à conséquence, parce que le calcul les repetant sur une plus grande quantité d'eau, elles seront d'autant plus considérables, que les sources seront plus abondantes. Or comme, par la raison contraire, moins la source aura de rapidité, & moins l'erreur qui peut naître d'une demie-seconde de plus ou de moins sera sensible,

M. Couplet trouve le moyen de diminuer la rapidité des sources , sans altérer leur dépense naturelle , & cela en les partageant en un nombre de rameaux , qui pourront être regardés comme autant de sources séparées , dont la rapidité de chacune sera d'autant moindre que sa dépense sera une plus petite partie de la dépense totale. Par exemple , si l'on divise la source en deux rameaux égaux , chacun employera à son écoulement , un tems double de celui de la source totale ; alors ne se trouvant que la même erreur sur un tems double , elle ne sera que la moitié de ce qu'elle eut été , si le tems de la jauge n'avoit été que la moitié de celui qu'on aura employé. Par la même raison , quand la source sera divisée en trois rameaux , l'erreur ne sera que le tiers de ce qu'elle eut été sans cette division ; ainsi des autres.

M. Couplet ayant remarqué que M. Mariotte avoit estimé le pouce d'eau , tantôt 14 pintes $\frac{1}{2}$, & tantôt 13 pintes $\frac{1}{2}$, n'a pas voulu suivre les expériences de cet Auteur , & s'en est tenu à celles qui ont été faites par Messieurs Roëmer , Picard & Villiard , qui s'accordent tous à donner 13 pintes $\frac{1}{2}$ mesure de Paris , à la valeur du pouce d'eau. J'ajouterai que M. Couplet s'est servi pour étalon dans ses expériences , d'un vaisseau qui contenoit 896 pouces cubes d'eau , valant 18 pintes $\frac{1}{2}$ & que pour plus de commodité , il a calculé des tables pour la mesure des eaux , dont les tems sont partagés de demi-secondes en demi-secondes ; ainsi en se servant de ces tables , l'on trouve qu'une source qui rempliroit en une demi-seconde , l'étalon dont il se sert , dépenseroit 188 pouces d'eau par minute , & que celle qui le remplira en trois demi-secondes , ne dépensera que 56 pouces , ainsi des autres.

Au reste comme mes remarques ne regardent seulement que les expériences rapportées par M. Couplet , j'ai cru devoir les copier à la lettre , aussi-bien que les conséquences qu'il en a tiré , s'agissant d'opérations de pratique , qui ne peuvent être mieux expliquées que par celui même qui les a faites.

Expérience de M. Couplet sur la Mesure des Eaux qui coulent dans des Tuyaux de Conduite.

« 1228. La troisième figure est le profil d'une conduite de fer
« de 4 pouces de diamètre qui menoit autrefois l'eau du réservoir
« de la Place Dauphine , dit le réservoir des Bonnes-Eaux , dans
« celui des petites Ecuries de Versailles.

« ABC est le réservoir de la Place Dauphine , qui est en forme
M m ij.

Détail des
nœuds/temons
qui appar-
tiennent au
premier
profil.

- Fig. 3. » de prisme droit, dont la base est un carré d'environ 2 pieds de côté, & sa hauteur est de 2 pieds 8 pouces; il est situé dans la rue Dauphine, en une maison du Roi, communément dite la maison des Bonnes-Eaux, il tire ses eaux du regard carré près S. Antoine; ce regard les reçoit de Bailly & du Chefnay, qui font deux villages à droite & à gauche de Roquancour sur le chemin de Marly.
- » A, est une soupape placée au fond du réservoir de la Place Dauphine; elle est de 6 pouces de diamètre: à cette soupape s'abouche un tuyau descendant de plomb, & du même diamètre de 6 pouces dans la longueur seulement d'environ 6 pieds, au bout duquel s'abouchoit un second tuyau descendant aussi de plomb, mais de 4 pouces seulement de diamètre, comme tout le reste de la conduite.
- » Ces deux tuyaux descendans formoient ensemble une longueur verticale de 23 pieds 4 pouces, faisant en D un coude tel que le marque le profil, d'où la conduite continuoît en remontant une pente DF de 133 toises 5 pieds 9 pouces de long sur une hauteur verticale ED de 16 pieds 6 pouces 3 lignes. D'où l'on voit que la longueur horizontale EF étoit d'environ 133 toises 5 pieds 7 pouces qui ne diffèrent de la ligne même de conduite que d'environ 2 pouces.
- » Du point F, elle continue de monter jusqu'en H; mais par une pente plus douce FH de 59 toises de long sur une verticale FI de 1 pied 1 pouce; d'où l'on voit que la longueur horizontale IH, n'étoit que d'environ 1 pouce moindre que la ligne de conduite FH.
- » Du point H, elle descendoit en x par une pente Hx de 34 toises 1 pied, faisant en chemin au point M un petit coude insensible, & ayant pour hauteur verticale xR, 4 pieds 1 pouce 3 lignes; d'où l'on voit que la longueur horizontale HR n'étoit que de quelques lignes moindre que la ligne de conduite HMx.
- » Ensuite du point x, elle remonte au point N par une pente xN de 14 toises 5 pieds, faisant sur la longueur au point R un petit coude, & ayant pour hauteur verticale xV, 2 pieds 10 pouces; d'où l'on voit que la longueur horizontale VN, étoit de très-peu moindre que la ligne même de conduite xN.
- » Enfin du point N où elle étoit arrondie, elle s'élevoit par une conduite de plomb NO du même diamètre de 4 pouces, allant verticalement en O au fond du réservoir des petites Écuries, ayant pour cette hauteur verticale NO, 6 pieds 3 pouces, & par l'extré-

« mité O de ce tuyau montant, l'eau sortoit à gueule bée, & c'est
« à cette sortie que nous avons fait nos premières expériences.

« L'on voit que les différences qui sont entre les lignes de niveau
« & les lignes de conduite, sont assez petites pour être négligées
« par rapport au frottement, puisque cette ligne totale LO, ne se
« trouve que de 4 à 5 pouces seulement plus courte que la ligne
« totale de conduite DFHxN, qui est de 291 toises 5 pieds 9 pou-
« ces.

FIG. 3:

« Il est bon de remarquer que dans le profil les sinuosités hori-
« zontales que cette conduite trace sur le terrain n'y sont point mar-
« quées, cependant elle ne se rendoit point d'un lieu à un autre,
« suivant une ligne absolument droite; elle faisoit plusieurs coudes
« que l'on avoit arrondis pour adoucir le choc de l'eau contre les
« parois; mais toute la longueur de la conduite est exprimée dans
« le profil.

« Le tuyau descendant DA est de 23 pieds 4 pouces.

« Le développement DFHMxRN de la conduite de fer est de
« 271 toises 5 pieds 9 pouces.

« Et le tuyau montant NO est de 6 pieds 3 pouces, en sorte que
« la conduite entière est de 296 toises 5 pieds 4 pouces, sans y
« comprendre la hauteur ABC du réservoir de 2 pieds 8 pou-
« ces.

« Au-dessus des réservoirs différens de la Place Dauphine qui
« sont de plomb, dans lesquels les eaux qui viennent du regard quar-
« ré près S. Antoine, entrent par le fond au moyen d'un tuyau
« montant qui les y répand.

« A ce chaineau ou réservoir de distribution, sont fondés plu-
« sieurs robinets qui repandent leurs eaux dans autant de réservoirs
« particuliers, en sorte que par ce moyen, l'on fournit à celui des-
« dits réservoirs l'on veut, tant & si peu d'eau que l'on souhaite, en
« ouvrant plus ou moins les robinets qui leur sont destinés.

« 1229. Premièrement, l'on n'a laissé entrer dans le réservoir de
« la Place Dauphine, que suffisamment d'eau pour l'entretenir à ni-
« veau du dessus de l'ouverture de la soupape A, placée au fond
« dudit réservoir, lequel dessus de cette soupape est élevé de 9 pou-
« ces au-dessus du niveau du bout supérieur O du tuyau de sortie
« à gueule bée auxdites petites Ecuries.

*Première
expérience,
au sujet du
premier
profil.*

« Alors en nous servant de notre étalon de 896 pouces cubiques,
« c'est-à-dire, de 18 pintes; mesure de Paris, ou 12 pintes, me-
« sure de S. Denis, comme nous l'avons annoncé ci-devant, l'on
« a reçu toute l'eau qui sortoit à gueule bée par l'extrémité O du

FIG. 3. » tuyau montant aux petites Ecuries, toujours sous la même charge AL de 9 pouces, & notre étalon s'est rempli en $\frac{1}{2}$ secondes, » ce qui donne, comme la table le montre, 2 pouces 6 lignes » d'eau d'écoulement par minute.

Seconde expérience sur le même.

1230. » Secondement, l'on s'est servi du même moyen pour » entretenir la superficie d'eau en B, à un pied au-dessus de l'ouverture de soupape; enforte que cette superficie d'eau étoit » alors de 21 pouces au-dessus du niveau de la sortie O du tuyau » montant aux petites Ecuries.

» Alors on a reçu de notre même Etalon toute l'eau qui étoit capable de conserver cette même hauteur de superficie, & il s'est » rempli en $\frac{1}{2}$ secondes, ce qui donne, comme la table le montre, » 4 pouces d'eau par minute qui sortoit ausdites petites Ecuries, » avec une charge BL de 21 pouces, au lieu de deux pouces 63 » lignes ci-dessus, sous une charge de 9 pouces de hauteur d'eau.

Troisième expérience sur le même.

1231. » Troisièmement, l'on a de la même manière entretenu » l'eau en C, dans le réservoir de la Place Dauphine à 22 pouces » au-dessus de l'ouverture de la soupape A, c'est-à-dire, à 31 » pouces au-dessus du niveau du bout O de sortie de conduite aux » petites Ecuries.

» Alors on a reçu dans notre étalon toute l'eau qui étoit capable » d'entretenir la superficie d'eau audit point C, & il s'est rempli » en $\frac{1}{4}$ secondes; ce qui donne, comme la table le montre, 5 » pouces 60 lignes, qui sortoient ausdites petites Ecuries, sous » une charge CL de 31 pouces de hauteur d'eau.

Résultats des expériences précédentes.

1232. » Par ces trois expériences, nous trouvons toute l'eau que » cette conduite de 4 pouces de diamètre, & d'environ 300 toises » de longueur, dépensoit à gueule bée sous ces trois charges différentes.

» Sçavoir, avec une charge de 9 pouces, cette conduite dépensoit 2 pouces 63 lignes, ou, ce qui est le même, comme » on le voit dans la table, 162 muids 92 pintes en 24 heures.

» Avec une charge de 21 pouces, elle dépensoit 4 pouces d'eau » ou 266 muids, 192 pintes en 24 heures.

» Et avec une charge de 31 pouces, elle dépensoit 5 pouces » 60 lignes d'eau, ou 361 muids 84 pintes en 24 heures.

» L'on voit que ces quantités d'eau écoulées ne sont point entr'elles » dans le rapport des racines de leurs charges, comme le prétend M. Mariotte, & comme elles devoient être, conformément à l'accélération des vitesses dans la chute des corps, s'il n'y avoit point d'obstacles » qui les empêchassent de suivre cette Loi.

» En

« En effet, dans les trois expériences que nous venons de rapporter, les trois charges sont 9, 21, 31 pouces, dont les racines sont environ 3, $4\frac{1}{2}$ & $5\frac{1}{3}$, lesquelles se trouvent entr'elles ex-primées par 297, 451 & 549.

« Mettant aussi sous une même expression les quantités d'eau écoulées, nous aurons 351, 576 & 780 lignes d'eau.

« Or pour que les quantités d'eau écoulées fussent dans le rapport de leurs charges, il faudroit que l'expérience qui a donné 351 lignes d'eau dans la première observation, nous eût donné 533 lignes dans la seconde observation, au lieu de 576 que l'expérience nous a donné.

« Et il faudroit de même que cette expérience qui a donné les 351 lignes d'eau dans la première observation, nous eût donné 655 lignes $\frac{1}{2}$ dans la première observation, au lieu de 780, que l'expérience nous a fourni.

« En sorte que les dépenses d'eau seroient alors de 351, 533, 655 lignes $\frac{1}{2}$, au lieu que les vraies dépenses fournies par l'expérience même sont de 351, 576, 780 lignes, ce qui est très-différent du rapport des racines des charges 297, 451, 549.

« Ces différences sont voir la nécessité indispensable de connaître la théorie des frottemens des eaux dans les tuyaux de conduite, & c'est l'expérience seule qui peut nous y conduire, comme tous les Sçavans qui ont entrepris de traiter cette matière, l'ont bien senti.

« Mais l'on ne peut parvenir à la connoissance de cette diminution de vitesse d'eau, occasionnée par le frottement de ces mêmes eaux contre les parois internes de leurs conduites, que par une très-longue suite d'expériences, puisque c'est de cette suite que l'on pourroit conclure la loi que les eaux se trouvent forcées de suivre, suivant les différentes circonstances que les diverses conduites leur présentent; car dans cette suite d'expériences, qui ne peuvent être trop nombreuses, l'on pourroit découvrir les progressions qu'il y a lieu de croire qui s'observent dans l'écoulement des eaux.

« Selon cette idée, les expériences que je rapporte ici ne doivent être regardées que comme un essai, puisque par leur trop petit nombre elles se trouvent insuffisantes, pour parvenir à cette connoissance, mais du moins auront-elles l'avantage d'avoir servi à indiquer la voye que je crois qu'il convient de suivre dans ces recherches.

1233. « M. Mariotte, pag. 265, dit: J'ai trouvé par plusieurs ex-

*Analogue,
calculs &
conséquences
de M.
Coupet, au
sujet de la
première
expérience.*

» périences très-exactes, qu'une ouverture ronde de 3 lignes de
» diamètre, étant de 13 pieds au-dessous de la surface supérieure
» de l'eau d'un large tuyau, donnoit 1 pouce, c'est-à-dire, qu'il
» en sortoit pendant le tems d'une minute 14 pintes, mesure de
» Paris, de celles qui pèsent 2 lb, & dont les 35 font le pied cube.
» Ce sont ses paroles; cependant la mesure d'un pouce doit être
» exprimée par 13 pintes; de celles de 48 pouces cubiques, & dont
» le pied cubique en contient 36, comme je l'ai dit ci-devant.

» De cette règle établie par M. Mariotte, pour mesurer les eaux
» jaillissantes, l'on doit conclure que par une ouverture circulaire
» de 4 pouces de diamètre, c'est-à-dire, 16 fois plus large que cel-
» le de 3 lignes de l'expérience de M. Mariotte, laquelle ouver-
» ture aura par conséquent 256 fois plus de surface, il sortira 256
» pouces d'eau par minute.

» Maintenant, pour sçavoir ce qu'il sortira de pouces d'eau sous
» une charge de 9 pouces, par une ouverture circulaire de 4 pou-
» ces de diamètre, l'on fera cette analogie.

» Comme la racine de 13 pieds ou de 156 pouces, laquelle est
» environ 12 pouces $\frac{1}{2}$, est à la racine de 9 pouces, laquelle ra-
» cine est 3; ainsi la dépense de 256 pouces d'eau, est à la quantité
» de pouces d'eau que doit fournir notre ouverture circulaire de
» 4 pouces de diamètre sous 9 pouces de charge.

» Cette Analogie est, $12 \frac{1}{2}$ est à 3, comme 256 est à un quatrième
» terme, qui est de 64 pouces d'eau & $\frac{1}{4}$ pour une ouverture de
» 4 pouces sous une charge de 9 pouces, au lieu que l'expérience
» que nous avons faite à Versailles, ne nous a donné que 2 pouces
» 63 lignes, ce qui donne une différence d'environ 59 pouces
» d'eau, ou 786 pintes $\frac{1}{2}$ par minute; ce qui est très-considérable.

» On ne fait point attention au frottement de l'eau contre le
» tuyau dans l'expérience de M. Mariotte; car, comme il y a lieu
» de croire, il étoit très-foible, n'ayant de frottement à souffrir
» que celui qui se faisoit sur la plaque contre les parois du trou de
» sortie, puisque le tuyau étant très-large, l'eau descendoit très-
» lentement dans ce tuyau, pour fournir le pouce d'eau qui sor-
» toit par l'ouverture de 3 lignes, & que le frottement est d'autant
» moins considérable que la vitesse de l'eau est plus petite.

» Et si l'on peut regarder comme zéro le frottement qu'il y a eu
» dans l'expérience de M. Mariotte, l'on doit donc attribuer ces
» 59 pouces d'eau de différence au frottement qui s'est trouvé, se-
» lon notre expérience, dans le tuyau de 4 pouces de diamètre, &
» d'environ 300 toises de longueur sous une charge de 9 pouces.

qui donnoit son eau à gueule bée ; & il est étonnant que ce frottement de l'eau contre les parois de ce tuyau ait causé une diminution d'écoulement d'eau , environ 30 fois plus grande que la quantité d'eau qui est sortie par cette conduite.

Maintenant ce principe d'expériences étant établi , il n'y a qu'à faire un grand nombre d'expériences avec ce même tuyau de 4 pouces , sous des charges différentes , & par ce moyen l'on aura la progression qui entrera dans les frottemens que nous cherchons sous différentes charges , ou ce qui est le même , avec des vitesses différentes.

Remarques sur les Expériences faites au sujet du premier Profil.

1234. Voilà à la lettre ce qu'a écrit M. Couplet , au sujet des expériences faites avec un tuyau de 4 pouces de diamètre ; il s'agit d'examiner présentement si les conséquences qu'il en a tiré sont justes. » Premièrement , dit-il , l'on n'a laissé entrer dans le réservoir de la Place Dauphine que suffisamment d'eau pour l'entretenir à niveau du dessus de l'ouverture de la soupape A , placée au fond dudit réservoir , lequel dessus de cette soupape est élevé de 9 pouces au-dessus du niveau du bout supérieur O du tuyau de sortie à gueule bée auxdites petites Ecuries.

Examen de la manière dont la première expérience a été faite.

Selon ce raisonnement , l'on ne sent pas que la branche de chasse ait pu être toujours entretenue entièrement pleine , puisque l'eau du réservoir ne pouvoir entrer dans le tuyau qu'en coulant le long des bords de la soupape , qui se trouvoient affleurés par la surface de l'eau même ; tout ce que l'on peut dire , c'est qu'il se rendoit aux petites Ecuries autant d'eau qu'on en laissoit entrer dans le réservoir de la Place Dauphine , c'est-à-dire , 2 pouces 63 lignes. Car en se rappelant ce que nous avons observé dans les articles 1218 , 1219 , l'entrée du tuyau pouvoit être engorgée d'eau , sans qu'il y eût effectivement une charge de 9 pouces. Quoiqu'il en soit , peut-on en conclure que la dépense aux petites Ecuries fût de 61 pouces $\frac{1}{17}$, s'il n'y avoit eu ni coudes , ni frottemens ? Pour en juger , il n'y a qu'à considérer quelle seroit la dépense d'un tuyau vertical de 4 pouces de diamètre , sur 9 pouces de hauteur , pratiqué au fond d'un réservoir , dont la surface de l'eau affleurerait l'orifice du tuyau. Assurément l'on ne pourroit pas dire , en suivant le calcul de M. Couplet , qu'il sortiroit de ce tuyau 61 pouces $\frac{1}{17}$ d'eau par minutes , comme il est aisé des'en convaincre , en se rappelant ce qui a été dit dans l'article 573 , où l'on a démontré qu'un pareil

N n ij

tuyau de quelque hauteur qu'il fût, ne pouvoit dépenfer que l'eau qui entroit; d'où il fuit, qu'en prenant les choses dans le fens même de M. Couplet, le réfultat de tous fes calculs n'est pas recevable. D'ailleurs il les fait en fe servant d'une expérience de M. Mariotte, qu'il regarde comme prefque exempte de toute altération de la part des frottemens, quoiqu'ils foient très-grands à caufe de la petitesse de l'orifice; ayant montré dans les articles 494 & 495 que la dépenfe naturelle, étoit à la dépenfe effective de cet orifice, à peu près comme 10 eft à 7. Auffi arrive-t'il, en fuivant M. Couplet, que la dépenfe naturelle d'une chute de 9 pouces, par un tuyau qui en auroit 4 de diamètre, doit être de 92 pouces $\frac{1}{6}$, au lieu de $61\frac{1}{7}$; furquoi il eft bon de remarquer que pour me conformer à la mefure de M. Couplet, je fuppose comme lui, le pouce d'eau de 13 pintes $\frac{1}{7}$, & que j'en ulerai de même dans la fuite de mes remarques.

alcule par
bifquels on
trouve que
pour la pre-
miere expé-
rience, la
dépenfe ef-
fective dou-
ble à la dé-
penfe natu-
relle, com-
me 4 eft à
13, & non
pas comme
1 eft à 30,
art. 1233.

1235. Ayant fait voir dans les articles 1225, 1226, que la vitesse de l'eau qui couloit dans le tuyau, ne devoit point être estimée par la racine quartée de la hauteur de l'excès du niveau de l'eau du réfervoir au-deffus du fommet du tuyau de fuite; mais bien par la différence des vitesses, dont les chutes de chaffe & de fuite peuvent être capables; nous allons chercher quelles devroient être les dépenfes naturelles du tuyau dont il s'agit, dans les trois cas où M. Couplet a fait fes expériences.

En fupposant, comme M. Couplet, le tuyau de chaffe rempli d'eau jufqu'au bord de la foupape, la chute de chaffe s'est trouvée alors de 23 pieds 4 pouces, qui répond à une vitesse de 37 pieds 5 pouces par fecondes; & comme la charge étoit de 9 pouces, la chute de fuite n'étoit plus que de 22 pieds 7 pouces, dont la vitesse par feconde eft de 36 pieds 9 pouces 8 lignes, qui étant foustraite de la précédente, donne 7 pouces 4 lignes, pour la vitesse de l'eau par feconde, ou 36 pieds 8 pouces par minute, qui eft la hauteur de la colonne d'eau que dépenferoit le tuyau de conduite, s'il n'avoit qu'un pouce de diamètre. Mais comme il en a 4, multipliant cette hauteur par 16, il viendra 586 pieds 8 pouces, pour la hauteur de la colonne d'eau que l'on cherche, en lui fupposant toujours un pouce de diamètre. Or comme ce nombre ne fe trouve point dans la troifième table (*premier Vol. pag. 202*) il en faut prendre la moitié, qui eft à peu près 293 pieds, qui répondent dans la même Table à 112 lb 2 onces 5 gros, dont le double donne 224 lb, en négligeant les petites parties, ou 112 pintes d'eau, qui étant divisé par $13\frac{1}{7}$, ou par $\frac{92}{7}$, donne 8 pouces $\frac{1}{2}$ d'eau.

pour la dépense naturelle d'un tuyau de 4 pouces de diamètre , ayant 297 toises de longueur , au lieu de 2 pouces $\frac{7}{8}$ trouvé par la premiere expérience , ou de $61\frac{1}{2}$, selon le calcul de M. Couplet. Que si l'on compare la dépense effective de cette expérience , avec la dépense naturelle que nous venons de trouver par notre calcul , elle pourra être exprimée par $\frac{1}{11}$, qui montre que dans cette expérience le déchet n'est point à beaucoup près aussi considérable que M. Couplet l'a estimé ; que par conséquent on peut déduire de ce rapport des conséquences bien plus vraisemblables que les siennes pour la pratique.

1236. A l'égard de la seconde expérience faite sous une charge de 21 pouces , la chute de chaffe s'est trouvée de 24 pieds 4 pouces , dont la vitesse par seconde est de 38 pieds 2 pouces 6 lignes ; & la chute de fuite étant encore de 22 pieds 7 pouces , par conséquent capable d'une vitesse de 36 pieds 9 pouces 8 lignes , comme dans le cas précédent ; la différence de ces deux vitesses donne 1 pied 4 pouces 10 lignes par seconde , ou 84 pieds 4 pouces par minure , pour celle qu'autoit dû avoir l'eau dans le tuyau , qui étant encore multipliée par 16 , donne environ 1349 pieds pour la hauteur de la colonne , d'un pouce de diamètre , qui exprime la dépense naturelle , dont le poids est de 516 lb , valant 258 pintes , qui étant divisé par $\frac{2}{3}$, donne 19 pouces $\frac{7}{8}$ pour la dépense naturelle , au lieu de 4 pouces trouvés par cette seconde expérience ; ainsi le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle est à peu près $\frac{1}{4}$.

Calcul pour la seconde expérience , d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle , comme 5 est à 24.

1237. Dans la troisième expérience , la charge étoit de 31 pouces , par conséquent la chute de chaffe de 25 pieds 2 pouces , qui répondent à une vitesse de 38 pieds 10 pouces 2 lignes par seconde ; & comme la chute de chaffe étoit encore la même que dans les deux expériences précédentes , par conséquent la vitesse de 36 pieds 9 pouces 8 lig. la différence de ces deux vitesses se trouve de 2 pieds 6 lig. par seconde , ou de 122 pieds 6 pouces par minure , qui étant multiplié par 16 , donne 1960 pieds pour la hauteur de la colonne d'eau d'un pouce de diamètre , qui exprime la dépense naturelle , & dont le poids se trouve de 750 lb , valant 375 pintes d'eau , ou 28 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau , au lieu de 5 pouces $\frac{7}{8}$ trouvé par l'expérience ; ainsi le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle est à peu près $\frac{1}{7}$. Si la dépense effective de la seconde & troisième expérience se trouve plus éloignée de la dépense naturelle , que dans la premiere ; cela vient de ce que la vitesse de l'eau du tuyau dans ces deux dernieres expériences , étant plus que double de celle de la

Calcul pour la troisième expérience , ou l'on trouve que la dépense effective est à la dépense naturelle , comme 1 est à 5.

N n iij.

premiere, elle devoit, selon l'article 1219, empêcher que les parties de l'eau renfermée dans le tuyau descendant, ne fussent aussi contigues, ou ce qui revient au même, que la force relative de la colonne de chasse, n'approchât autant de la force absolue, sur laquelle nous avons comptés dans nos calculs, où nous la considérons comme agissant *pleinement*, qui est une supposition qu'on ne peut admettre à la rigueur, puisque pour cela il faudroit que la vitesse de l'eau dans le tuyau descendant fût nulle ou insensible; d'où il suit que les déchets causés par le frottement, doivent être encore moindre que ceux que nous trouvons par les mêmes calculs.

Détail du
nivellement
relatif au
second pro-
fil.
Fig. 4.

1238. » Le second profil est celui d'une conduite de fer de 6
» pouces de diamètre, (continue M. Couplet) qui a été mise en
» la place de la conduite de fer de 4 pouces, que nous venons de
» rapporter dans le premier profil, (Fig. 3.) & qui mene actuel-
» lement l'eau du réservoir de la place Dauphine aux petites Ecu-
» ries de Versailles.

» Z A est le réservoir de la Place Dauphine, & le même que
» dans le profil précédent, qui, en son fond, a une soupape A de
» 6 pouces de diamètre, à laquelle s'abouche un tuyau descen-
» dant AD, de plomb & de même diamètre de 6 pouces, & situé
» verticalement dans la longueur de 23 pieds 4 pouces, qui est
» la même que dans le profil précédent, (Fig. 3.)

» Ce tuyau AD fait un coude en D, où il s'arrondit en s'abou-
» chant avec ladite conduite, qui s'élève par une pente DF de
» 87 toises 5 pieds 9 pouces de longueur, sur une hauteur verti-
» cale ED de 10 pieds 10 pouces.

» Du point F, elle continue de monter jusqu'en N par une pen-
» te plus douce FN de 192 toises 6 pouces, sur une hauteur ver-
» ticale FH de 5 pieds 5 pouces; enfin du point N, elle s'arron-
» dit & s'élève par un tuyau vertical NOR de plomb de 9 pieds
» 2 pouces 6 lignes de longueur, montant au réservoir desdites
» petites Ecuries, dans lequel il entre par son fond.

» Nous avons donc cette conduite de fer DFN de 280 toises,
» 3 pouces, à laquelle si l'on ajoute le tuyau descendant AD de 23
» pieds 4 pouces, plus le tuyau montant NOR de 9 pieds 2 pouces
» 6 lignes, l'on aura pour longueur totale de la ligne de conduite
» ADFNOR, la quantité de 285 toises 2 pieds 9 pouces 6 lignes.

Première
expérience
ou suite du
second pro-
fil.

1239. » Voici maintenant (ajoute M. Couplet) les expé-
» riences & remarques que nous avons fait sur cette conduite. Pre-
» mierement, l'on n'a lâché dans le réservoir de la Place Dau-
» phine, qu'autant d'eau qu'il en falloit pour l'entretenir à la hau-

teur Z, c'est-à-dire, enforte que la soupape A fût toujours chargée de 28 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur d'eau.

Le bout du tuyau montant aux petites Ecuries, étoit coupé horizontalement à 3 pouces au-dessous du niveau de la superficie d'eau en Z au réservoir de la Place Dauphine, comme nous l'avons remarqué ci-devant.

Dans cet état, par le bout R du tuyau montant aux petites Ecuries, l'eau sortoit à gueule bée, & elle a rempli notre étalon en $\frac{1}{4}$ secondes, ce qui donne, comme la table le montre, 7. pouces 44 lignes de dépense d'eau, sous une charge de 3 pouces, c'est-à-dire, suivant la même table, 97 pintes par minute, ou bien 30 muids 83 pintes en une heure.

FIG. 4.

1240. Secondement, l'on a coupé le tuyau montant NOR horizontalement en y, à 2 pouces $\frac{1}{4}$ au-dessous du point R, enforte que ce point y de section, étoit alors de 5 pouces $\frac{1}{2}$ au-dessous de la superficie d'eau en Z, audit réservoir AZ de la Place Dauphine; & pour entretenir cette superficie d'eau toujours à la même hauteur précédente Z, nous nous sommes servi du même moyen que ci-devant, c'est-à-dire, en ouvrant un peu davantage que dans l'expérience précédente, le robinet de l'auge ou chaîneau placé au-dessus du réservoir de la Place Dauphine.

Seconde expérience sur le même.

Dans cet état, nous avons reçu dans notre étalon toute l'eau qui étoit nécessaire pour entretenir cette superficie d'eau à la hauteur Z au réservoir de la Place Dauphine, & il s'est rempli en $\frac{1}{4}$ secondes, ce qui donne 10 pouces $\frac{1}{2}$.

1241. Nous avons donc 7 pouces 44 lignes, ou 1052 lignes de dépense d'eau sous une charge de 3 pouces ou 36 lignes, dont la racine quarrée est 6 lignes

Conclusion de deux expériences précédentes.

Et nous avons 10 pouces 72 lignes, ou 1512 lignes de dépense d'eau sous une charge de 5 pouces $\frac{1}{4}$ ou 63 lignes, dont la racine est environ 8 lignes.

Or si ces dépenses d'eau étoient proportionnées aux racines de leurs charges, l'on auroit cette analogie 6, 8 :: 1052, 1403; au lieu que l'expérience nous donne 1512 lignes, qui est de 109 lignes supérieure à la dépense que nous donneroit le rapport des racines des charges, c'est-à-dire, supérieur au quatrième terme 1403 de cette analogie ci-dessus.

1242. M. Couplet, en se fondant encore sur l'expérience de M. Mariotte dont nous avons parlé, en se servant du rapport des racines quarrées des charges, comme il a fait dans les calculs de l'article 1233, trouve que pour une charge de 3 pouces, le

Résultat des calculs de M. Couplet sur les mêmes expériences.

tuyau de 6 pouces de diamètre, devoit donner 80 pouces d'eau, au lieu de 7 pouces, & environ $\frac{1}{2}$, que la premiere expérience lui a donné; ensuite il trouve par un calcul semblable, que la charge de 5 pouces 3 lignes, devoit donner 406 à 407 pouces d'eau, au lieu de 10 pouces $\frac{1}{2}$ trouvé par la seconde expérience; ce qui fait une différence de 396 pouces; & comme il l'attribue à la résistance causée par les frottemens, il finit cet article par le Discours suivant.

*Réflexions
sur les ob-
stacles que
l'eau ren-
contre dans
les tuyaux
de conduite.*

« 1243. L'on peut considérer comme un obstacle à l'écoulement
« des eaux, le frottement de la plaque dans laquelle le trou de for-
« tie est percé, & même y joindre l'obstacle que cause la résistance
« de l'air, d'autant plus que si ces obstacles n'existoient pas, les
« eaux jaillissantes devroient monter jusqu'à la surface supérieure
« des eaux du réservoir qui fournit l'eau à ces jets; de plus l'erreur
« que l'on fait dans le tems employé dans la jauge des eaux, doit
« encore y entrer pour quelque chose. Donc si l'expérience fon-
« damentale se trouve elle-même altérée par tous ces obstacles, il
« est constant que son alteration se communique à toutes les autres
« que nous voudrions en déduire; cependant il a été jusqu'à présent
« impossible de faire mieux, malgré toutes les attentions que l'on
« y a apportées, & c'est ce qui doit engager à redoubler les recher-
« ches à ce sujet, pour que l'on en puisse tirer les regles que l'on
« doit employer dans le choix des tuyaux convenables aux quanti-
« tés d'eaux que l'on veut conduire.

Remarques sur les Expériences du second Profil.

*Cela est par
lequel l'on
trouve que
dans la pre-
miere ex-
périence du
second pro-
fil, la dé-
pense effec-
tive, est à
la dépense
naturelle,
comme 12
est à 11; ce
qui rend
cette expé-
rience su-
scéptible
d'erreur.*

1244. La chute de chasse du second profil dans le tems de la pre-
miere expérience, étoit de 25 pieds 8 pouces 6 lignes, comme il
est aisé de s'en convaincre par le nivellement de M. Couplet; ainsi
la vitesse qui répond à cette chute se trouve de 39 pieds 3 pouces
5 lignes par seconde; & comme la charge étoit alors de 3 pouces,
la chute de suite n'étoit par conséquent que de 25 pieds, 5 pouces,
6 lignes, qui répond à une vitesse de 39 pieds 10 lignes, dont la
différence avec la précédente, est de 2 pouces 7 lignes par secon-
des, ou de 12 pieds 11 pouces par minute, pour la vitesse qu'a-
voit l'eau dans le tuyau de conduite, qui, étant multiplié par 36
(quarré du diamètre) donne 465 pieds pour la hauteur de la co-
lonne d'eau, d'un pouce de diamètre, qui exprime la dépense;
dont le poids est de 178 lb, par conséquent de 89 pintes, qui étant
divisé par $\frac{20}{11}$, donne 6 pouces d'eau, & environ $\frac{1}{2}$, au lieu de
7 pouces $\frac{1}{2}$, trouvé par la premiere expérience.

Si l'on compare la dépense effective, avec la dépense naturelle
que

que nous venons de trouver, on verra qu'elle est à peu près dans le rapport de 12 à 11, qui montre que la seconde, contre toute apparence, se trouve d'un douzième moindre que la première, ce qui est impossible. Ainsi on a tout lieu de croire, qu'il y a eu de l'erreur dans la mesure du tems qu'on a employé à faire cette expérience, qui n'a duré que $\frac{2}{3}$ secondes; mais comme il peut bien être arrivé, qu'il s'en soit écoulé $\frac{2}{3}$ ou $\frac{1}{6}$, par la difficulté de mesurer exactement un tems si court; alors on auroit trouvé par la table de M. Couplet, que la dépense ne devoit être que de 6 pouces $\frac{1}{2}$ ou de 6 pouces $\frac{1}{4}$. Car, comme le remarque fort à propos M. Couplet, (1243) *Si l'expérience fondamentale se trouve elle-même altérée par quelque erreur, principalement dans le tems employé à la jauge des eaux, il est constant que cette altération doit se communiquer à toutes les conséquences qu'on en voudra déduire: c'est pourquoi il semble que M. Couplet auroit dû se servir d'un étalon, qui contient beaucoup plus de 18 pintes. Au reste, voilà le seul cas où la dépense naturelle trouvée par nos calculs, se rencontre inférieure à la dépense effective, arrivant le contraire pour toutes les autres expériences dont il nous reste à parler; ce qui semble suffire pour autoriser la raison que nous en venons de donner.*

1245. A l'égard de la seconde expérience sur la même conduite de 6 pouces de diamètre, la chute de suite étoit encore de 25 pieds 8 pouces, 6 lignes, comme dans la première; par conséquent sa vitesse correspondante de 39 pieds 3 pouces 5 lignes, au lieu que la chute de suite n'étoit que de 25 pieds 3 pouces 3 lignes, puis que la charge étoit de 5 pouces 3 lignes: (1240) &c comme cette seconde chute répond à une vitesse de 38 pieds 11 pouces 3 lignes, dont la différence avec la précédente est de 4 pouces 2 lignes; l'on voit que la vitesse de l'eau dans le tuyau de conduite, auroit dû être de 20 pieds 10 pouces par minute, s'il n'y avoit point eu d'obstacles, qui étant multiplié par 36, donne 747 pieds pour la hauteur de la colonne d'un pouce de diamètre que cette conduite auroit dû dépenser par minute, dont le poids est de 286 lb, valant 143 pintes, qui étant divisé par $\frac{1}{2}$, donne 10 pouces $\frac{1}{2}$ d'eau, au lieu de 10 pouces $\frac{1}{4}$ trouvé par la seconde expérience, ou de 407 pouces selon le calcul de M. Couplet. (1242) Ainsi l'on voit que la dépense effective, est à la dépense naturelle, à peu près comme 42 est à 43.

S'il se rencontre une aussi grande conformité entre la dépense effective de cette seconde expérience, & celle que nous venons de trouver par notre calcul; il y a bien de l'apparence que cela vient de quatre raisons essentielles. La première, que la conduite

Calcul de la seconde expérience par lequel on trouve que dans la première expérience du second profil, la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 42 est à 43.

Réflexions sur la cause d'une aussi petite différence.

ne fait qu'un coude insensible, au lieu que dans le premier profil, il y en avoit plusieurs accompagnés d'une cascade qui devoit retarder beaucoup la vitesse de l'eau. La seconde, qu'en supposant les vitesses égales, le frottement ou le déchet étoit moindre dans ce second tuyau, que dans le premier, dans la raison réciproque des diamètres, par conséquent comme 2 est à 3. (493) La troisième, que la vitesse de l'eau dans cette conduite, n'étant que de 4 pouces 2 lignes par secondes; les frottemens ne devoient que peu retarder la vitesse naturelle de l'eau, puisque les déchets causés par les frottemens, sont dans la raison des vitesses de l'eau, (497) ou des dépenses naturelles. La quatrième, que par la même raison du peu de vitesse de l'eau dans la conduite, celle qui étoit renfermée dans le tuyau de chasse, ne descendant que lentement, la force par laquelle elle agissoit, ne différoit gueres de la force absolue, sur laquelle nous avons compté dans notre calcul; à quoi l'on peut encore ajouter, qu'il pourroit bien s'être glissé une erreur opposée à la précédente, dans l'estimation du tems; c'est-à-dire, qu'au lieu d'avoir employé 16 demi-secondes, il ne s'en fut écoulé que 15, alors on eut trouvé $11 \frac{1}{2}$ pouces, au lieu de $10 \frac{1}{2}$.

Détail des
niveaux, mens
du troisième
profil.

FIG. 5.

» 1246. Le troisième profil (continue M. Couplet) est celui
» d'une conduite qui apporte les eaux du regard carré près Saint
» Antoine dans le réservoir de distribution de la Place Dau-

» phine.

» BCAFH, est le regard carré près Saint Antoine; il reçoit les
» eaux de Bailly & du Chesnay, savoir celles de Bailly par l'ou-
» verture du tuyau B, & celles du Chesnay par l'ouverture du tuyau
» marqué C.

» A, est une décharge du fond du regard carré, & H est une
» décharge de la superficie de ce regard, laquelle décharge est de
» 10 pouces 9 lignes, au-dessous de la tablette, ou du bord supé-
» rieur dudit regard.

» Du dessus de cette tablette, l'on a mené le niveau ou la ligne
» horizontale xy, jusqu'au bord supérieur du réservoir de la Place
» Dauphine, & cette tablette s'est trouvée de 3 pieds 11 pouces
» plus élevée que le bord supérieur dudit réservoir de distribution,
» dans lequel les eaux entrent par le fond, ou ce qui est le même,
» de 3 pieds 6 pouces plus élevée que la partie supérieure L du
» tuyau montant au chaîneau de la Place Dauphine, lequel bord
» supérieur L, du tuyau montant par où l'eau sort à geule bée, étant
» de 5 pouces inférieur au bord supérieur dudit chaîneau ou reser-
» voir de distribution de la Place Dauphine; le tuyau B se trouve

» au regard carré de 1 pieds 6 pouces 6 lignes au-dessous de la tablette de ce réservoir, & le tuyau C se trouve de 2 pieds 7 pouces
 » 9 lignes au-dessous de cette même tablette. Ces distances sont
 » prises depuis le bord supérieur de cette tablette, jusqu'à la partie
 » inférieure de l'ouverture dudit tuyau, qui a sa coupe verticale
 » en cet endroit, où il s'abouche en B avec le réservoir.

» Au point F est l'embouchure du tuyau de conduite, qui reçoit
 » les eaux dudit regard carré pour les porter au réservoir de la
 » Place Dauphine, & cette embouchure prise du dessus de la ta-
 » blette de ce réservoir carré jusqu'à la partie inférieure du tuyau
 » de conduite, est de 23 pieds au-dessous de cette tablette.

» En sorte que le regard carré étant plein jusqu'au point H de
 » décharge de superficie; alors le point F du tuyau de conduite,
 » est chargé de toute la hauteur d'eau FH, qui dans ce cas est de
 » 2 pieds 1 pouce 3 lignes.

» Cette conduite est de grès dans son commencement dans la
 » longueur FE d'environ 50 toises, & tout le reste de plomb. Cet-
 » te conduite descend du regard carré par une pente FEI de 163
 » toises 4 pieds, faisant dans ce trajet deux petits coudes presque in-
 » sensibles, & ayant pour sa hauteur verticale IL, 31 pieds 6 pou-
 » ces.

FIG. 5.

» Du point I, elle continue de descendre par une pente IM de
 » 192 toises 3 pieds, faisant dans cette longueur IM plusieurs cou-
 » des peu considérables, & ayant sa hauteur verticale MN de 22
 » pieds 3 pouces.

» Puis du point M, elle continue de descendre par une pente
 » plus douce MD de 80 toises, ayant sa hauteur verticale DG de
 » 3 pieds 3 pouces.

» Ensuite du point D, elle monte par une pente DG de 131 toi-
 » ses 4 pieds, faisant dans toute cette longueur une courbe con-
 » cave, & dont la hauteur verticale DP, est de 26 pieds.

» Du point O, elle continue de monter; mais par une pente plus
 » douce OQ de 74 toises, ayant sa hauteur verticale OR de 6 pieds
 » 9 pouces; puis du point Q, elle redescend par une pente QS de
 » 71 toises, ayant sa hauteur verticale ST, de 11 pieds 3 pou-
 » ces.

» Du point S, elle continue de descendre par une pente plus
 » douce SV de 90 toises 3 pieds, ayant sa hauteur verticale VU
 » de 2 pieds; d'où l'on voit que ce point V, est d'environ 6 toi-
 » ses 3 pieds plus bas que le point F de l'embouchure de con-
 » duite.

O o ij

» Ensuite du point V, elle remonte par une pente VZK de
 » de 169 toises 4 pieds, sur une hauteur verticale Vq de 1 pied 3
 » pouces.

» Du point K, elle continue de monter par une pente Kp de
 » 79 toises sur une hauteur verticale Kr de 10 pieds 2 pouces.

» Du point P, elle continue dans une ligne horizontale pm de
 » 112 toises.

» Enfin du point m, elle s'élève en s'arrondissant & formant le
 » tuyau montant & vertical mnl de 25 pieds 7 pouces, & par le
 » point l qui est le bout du tuyau de conduite coupé horizontale-
 » ment, l'eau sort à gueule bée ou à plein tuyau, dans le réservoir
 » de distribution de la Place Dauphine.

» Nous avons donc la longueur totale de la ligne de conduite
 » FELMDOQSVZKpmnl de 1170 toises 1 pied 7 pouces, & la
 » longueur horizontale exprimée par xy de 1163 à 1164 toises en-
 » viron.

» De tous ces niveaux, nous concluons que la tablette, ou ce
 » qui est le même, le bord supérieur du regard carré qui est de 3
 » pieds au-dessus de la partie inférieure F de l'embouchure de con-
 » duite, est de 3 pieds 6 pouces plus haute que le point L de for-
 » tie de la même conduite au chaineau ou réservoir de distribution
 » de la Place Dauphine.

» Et comme le bord supérieur de ce réservoir de distribution de
 » la Place Dauphine est de 5 pouces plus bas que le bout l de for-
 » tie dudit tuyau mnl, il s'ensuit que la tablette du regard carré
 » sera aussi plus haute que le bord dudit réservoir de distribution de
 » la Place Dauphine de 3 pieds 11 pouces.

» Ce niveau a été confirmé par l'eau même que nous avons mise
 » en équilibre dans le regard carré & dans le réservoir de la Place
 » Dauphine; au moyen d'un tuyau que l'on a ajusté sur celui mnl,
 » au point l, & du même diamètre de 5 pouces.

» Après quoi, ayant entretenu dans le regard carré la superfi-
 » cie d'eau à 8 pouces 7 lignes au-dessous de la partie supérieure
 » de la tablette, nous avons remarqué qu'alors l'eau est montée
 » au réservoir de la Place Dauphine de 2 pieds 9 pouces 5 lignes
 » au-dessus du point l, dans le tuyau montant que l'on y avoit
 » ajouté pour cet effet.

» D'où l'on voit que cette hauteur de 2 pieds 9 pouces 5 lignes,
 » avec les 8 pouces 7 lignes, dont la superficie d'eau étoit au re-
 » gard carré au-dessous de la tablette, nous donnent comme cy-
 » devant 3 pieds 6 pouces, dont la tablette du regard carré est

Fig. 5.

5, plus haute que le bout L. du tuyau montant au réservoir de distribution de la Place Dauphine, ou bien l'on aura 3 pieds 11 pouces, dont cette même tablette du regard carré est plus haute que le bord supérieur du réservoir de distribution ou chaîneau de la Place Dauphine, comme nous l'avons déjà trouvé ci-devant. Voici les expériences que nous avons faites sur cette conduite.

Première expérience sur le troisième profil.

1247. Premièrement, l'eau étant dans le regard carré à 17 pouces au-dessous de la tablette; & sortant alors à gueule béc par le point I de sortie au réservoir de la Place Dauphine, qui, comme à son ordinaire, étoit de 3 pieds $\frac{1}{2}$ ou 42 pouces au-dessous du niveau de cette même tablette du regard carré, ce qui fait 25 pouces de charge d'eau, l'on a reçu par 2 robinets toute l'eau qui en sortoit, & l'un de ces deux robinets emplissoit notre étalon en $\frac{2}{3}$ secondes, ce qui donne, comme l'on voit dans la table, une dépense de 5 pouces 86 lignes d'eau, & l'autre robinet le remplissoit en $\frac{2}{3}$ secondes, ce qui donne 4 pouces 29 lignes d'eau d'écoulement. Toute la quantité d'eau qui sortoit alors par ces deux robinets pris ensemble, & sous une charge de 25 pouces de hauteur d'eau, étoit donc de 9 pouces, & 115 lignes.

1248. Secondement, après avoir ajusté un tuyau montant de 5 pouces de diamètre, sur celui du réservoir de la Place Dauphine en I, qui est aussi du même diamètre de 5 pouces, comme nous l'avons dit ci-devant, & l'eau étant dans le regard carré à 9 pouces sous la tablette, & le tuyau montant au réservoir de la Place Dauphine, étant coupé à 14 pouces 7 lignes au-dessous du niveau de ladite tablette du regard carré, ce qui donne 5 pouces 7 lignes de charge; alors notre étalon s'est rempli par l'un des susdits deux robinets en $\frac{4}{5}$ secondes, ce qui donne 2 pouces 84 lignes d'eau, & par le second robinet en $\frac{1}{2}$ secondes, ce qui donne 1 pouce 17 lignes; ainsi toute la quantité d'eau qui sortoit alors par ces deux robinets pris ensemble sous une charge de 5 pouces 7 lignes de hauteur d'eau, étoit de 3 pouces & 101 lignes.

Seconde expérience sur le même.

1249. Troisièmement, la surface d'eau étant dans le réservoir carré à 9 pouces $\frac{1}{2}$ au-dessous de la tablette, & le tuyau montant au réservoir de la Place Dauphine, étant coupé à 20 pouces 7 lignes sous la même tablette, ce qui donne 11 pouces 4 lignes de charge; alors notre étalon s'est rempli par l'un des deux robinets en $\frac{4}{5}$ secondes, & par l'autre en $\frac{2}{3}$ secondes, ce qui donne dans la table 3 pouces 94 lignes, & 2 pouces 22 lignes; ainsi la

Troisième expérience sur le même.

„ dépense de ces deux robinets pris ensemble est de 5 pouces 11 6
 „ lignes sous une charge de 11 pouces $\frac{1}{2}$.

*Quatrième
 expérience
 sur le mé-
 me.*

„ 1250. Quatrièmement, la superficie de l'eau étant dans le re-
 „ gard carré à 9 pouces 10 lignes sous sa tablette, & le tuyau
 „ montant au réservoir de la Place Dauphine, étant coupé à 26
 „ pouces 7 lignes au-dessous de la ligne de niveau de cette même
 „ tablette, ce qui donne 16 pouces 9 lignes de charge; alors notre
 „ étalon s'est rempli par un des deux robinets en — secondes, &
 „ par l'autre en $\frac{1}{2}$ secondes; ce qui donne dans la table 4 pouces
 „ 78 lignes, & 3 pouces 8 lignes pour les quantités écoulées, qui
 „ toutes deux ensemble, donnent 7 pouces 86 lignes d'eau sous
 „ une charge de 16 pouces 9 lignes, & par une gueule bée de 5
 „ pouces de diamètre.

*Cinquième
 expérience
 sur le mé-
 me.*

„ 1251. Cinquièmement, la superficie d'eau étant dans le regard
 „ carré à 11-pouces $\frac{1}{2}$ au-dessous de la tablette, & le tuyau mon-
 „ tant au réservoir de la Place Dauphine étant coupé horizontale-
 „ ment (comme dans toutes les coupes précédentes) à 32 pouces
 „ 7 lignes au-dessous de la ligne de niveau de la partie supérieure
 „ de la tablette du regard carré; ce qui donne 21 pouces 1 ligne
 „ de charge; alors notre étalon s'est rempli par un des deux robi-
 „ nets en $\frac{3}{4}$ secondes, & par l'autre en $\frac{1}{2}$ secondes; ce qui donne
 „ dans la table 5 pouces 60 lignes, & 3 pouces 62 lignes pour les
 „ quantités d'eau écoulées, qui toutes deux ensemble donnent 8
 „ pouces 122 lignes de dépense d'eau sous une charge de 21 pou-
 „ ces 1 ligne de hauteur d'eau.

*Sixième &
 septième
 expériences
 sur le mé-
 me.*

„ 1252. Sixièmement, l'eau étant dans le regard carré à 11 pou-
 „ ces 7 lignes au-dessous de sa tablette, & le tuyau montant au ré-
 „ servoir de la Place Dauphine étant coupé à 38 pouces 7 lignes
 „ au-dessous de la ligne de niveau du dessus de cette même table-
 „ te, ce qui donne 24 pouces de charge; alors notre étalon s'est
 „ rempli par ces mêmes deux robinets en $\frac{3}{2}$ secondes, & en $\frac{1}{2}$ se-
 „ condes; ce qui donne dans la table 5 pouces 86 lignes, & 4 pou-
 „ ces d'eau pour les quantités écoulées, qui toutes deux prises en-
 „ semble, donnent 9 pouces 36 lignes de dépense à gueule bée
 „ sous une charge de 24 pouces.

„ Septièmement, l'eau étant dans le regard carré à 17 pouces
 „ sous la tablette, & le tuyau montant au réservoir de la Place Dau-
 „ phine étant coupé ou remis comme à son ordinaire à 3 pieds $\frac{1}{2}$ ou
 „ 42 pouces au-dessous de la ligne de niveau de la superficie de
 „ cette même tablette; ce qui donne 25 pouces de charge, sous
 „ laquelle l'eau sortoit à gueule bée de 5 pouces de diamètre, & se

5, déchargeoit dans l'auge ou chaîneau, auquel les deux robinets
 „ étoient soudés; par l'un des robinets notre étalon s'est rempli en
 „ $\frac{1}{2}$ secondes, & par l'autre en $\frac{1}{2}$ secondes, comme dans la pre-
 „ mière expérience, ce qui est pour dépense totale, comme l'on
 „ voit dans la Table, 9 pouces & 115 lignes sous 25 pouces de
 „ charge par un tuyau de 5 pouces de diamètre.

„ 1253. L'on voit dans notre seconde expérience que la super-
 „ ficie de l'eau étant au regard quarré à 9 pouces sous la ligne de
 „ niveau x, y, & que le tuyau montant au réservoir de la Place Dau-
 „ phine, étant de 14 pouces 7 lignes au-dessous de cette même li-
 „ gne x, y, ce qui donne 5 pouces 7 lignes de charge; alors la
 „ conduite FEIMDOQSVZKpmnt, de 1168 à 1169 toises, ne
 „ donne que 3 pouces 101 lignes d'eau, refusant le reste dans le re-
 „ gard quarré, c'est-à-dire, le surplus d'eau ayant son écoulement
 „ ailleurs par une de ses décharges; car si on laissoit regorger cette
 „ eau dans le regard, la quantité de son écoulement ou de sa dé-
 „ pense augmenteroit à mesure que sa charge ou sa hauteur aug-
 „ menteroit dans le regard.

*Observa-
 tions sur les
 expériences
 précédentes.*

„ Nous avons vu dans la troisième expérience, que cette même
 „ conduite ayant 11 pouces $\frac{1}{2}$ de charge, sa dépense est de 5 pou-
 „ ces 116 lignes, refusant le surplus.

„ Dans la quatrième expérience, la charge étant de 16 pouces $\frac{1}{2}$,
 „ la dépense a été de 7 pouces 85 lignes, refusant le surplus.

„ Dans la cinquième expérience, sous une charge de 21 pouces,
 „ 1 ligne, la dépense a été de 8 pouces 122 lignes, refusant le sur-
 „ plus.

„ Dans la sixième expérience, sous une charge de 24 pouces,
 „ la dépense a été de 9 pouces 86 lignes, refusant le surplus.

„ Enfin, dans la septième & dernière expérience, sous une char-
 „ ge de 25 pouces, la dépense a été de 9 pouces 115 lignes, refu-
 „ sant le surplus.

„ Il faut encore remarquer que dans cette conduite de 5 pouces
 „ & de 1168 à 1169 toises de long, outre les écudés marqués dans
 „ le profil, elle forme encore plusieurs sinuosités horizontales, mais
 „ fort arrondies & prises de loin; ce qui dans ce cas ne doit pas
 „ augmenter de beaucoup le frottement.

*Remarques sur les Expériences qui appartiennent au
 troisième Profil.*

1254. Dans la première expérience, la chute de chassé étoit de *Calcul sur
 la première*

expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 1 est à 2.

78 pieds 7 pouces, laquelle répond à une vitesse de 68 pieds 7 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 25 pouces ou de 2 pieds 1 pouce, la chute de chaste étoit donc de 76 pieds 6 pouces, dont la vitesse correspondante est de 77 pieds 9 pouces, qui étant soustraite de la précédente, reste 10 pouces 6 lignes pour la vitesse de l'eau par seconde, ou de 52 pieds 6 pouces par minute, qui étant multiplié par 25, carré du diamètre du tuyau, l'on aura la hauteur de la colonne d'eau qui exprime la dépense naturelle, dont le poids est de 502 lb, valant 251 pintes; qui étant divisé par $\frac{1}{2}$, donne environ 18 $\frac{1}{2}$ d'eau, au lieu de 9 pouces $\frac{1}{2}$ que l'on a trouvé par la première expérience, ou de 160 pouces que donne le calcul de M. Couplet; à l'égard du rapport de la dépense naturelle à l'effective, il peut être exprimé par $\frac{2}{1}$, ou par $\frac{1}{2}$.

Calcul sur la seconde expérience, qui montre que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 5 est à 6.

1255. Dans la seconde expérience, pour la même conduite de 5 pouces, la chute de chaste étoit de 79 pieds 3 pouces, qui répond à une vitesse de 68 pieds 11 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 5 pouces 7 lignes, la chute de fuite s'est trouvée de 78 pieds 9 pouces 5 lignes, dont la vitesse correspondante est de 68 pieds 8 pouces 10 lignes; ainsi la différence avec la précédente est de 2 pouces 8 lignes pour la vitesse de l'eau par seconde, ou de 13 pouces $\frac{1}{2}$ par minute, qui étant multiplié par 25, donne environ 333 pieds pour la hauteur de la colonne de dépense, dont le poids est de 127 lb $\frac{1}{2}$, qui étant divisé par 2, pour avoir des pintes, & le quotient par $\frac{1}{2}$, donne 4 pouces d'eau, & environ $\frac{1}{2}$, au lieu de 3 pouces $\frac{1}{2}$ trouvé par l'expérience; ainsi le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle, peut être exprimé par $\frac{5}{6}$, ou par $\frac{6}{5}$.

Calcul sur la troisième expérience, d'où l'on déduit que la dépense naturelle est à la dépense effective, comme 11 est à 17.

1256. Dans la troisième expérience, la chute de chaste étoit de 79 pieds 2 pouces 9 lignes, laquelle répond à une vitesse de 68 pieds 11 pouces 3 lignes; & comme la charge étoit de 11 pouces 4 lignes, la chute de fuite étoit donc de 78 pieds 3 pouces 5 lignes, laquelle répond à une vitesse de 68 pieds 6 pouces 3 lignes, dont la différence avec la précédente est de 5 pouces pour la vitesse de l'eau par seconde.

Comme les dépenses naturelles d'une même conduite sont dans la raison des vitesses de l'eau sous différentes charges? l'on peut pour abréger le calcul, dire: Si 2 pieds 8 pouces, ou $\frac{1}{2}$ de pieds, vitesse de l'eau répondante à une charge de 5 pouces 7 lignes, donnent $\frac{1}{2}$ pouces d'eau, que donnera la vitesse de 5 pouces; l'on trouvera 8 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau pour la dépense naturelle de la charge de 11 pouces 4 lignes, au lieu de 5 $\frac{1}{2}$, qu'a donné la troisième expérience;

rience; ainsi le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle sera exprimé par $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$, ou à peu près par $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$.

M. Couplet en parlant de cette troisième expérience (1249) fait mention de deux robinets par lesquels couloit l'eau dans l'étalon, ainsi elle n'a point été reçue à gueule bée. Or comme le frottement causé par les robinets a dû retarder la vitesse de l'eau, il n'y a point de doute qu'on n'ait employé plus de tems qu'il n'en auroit fallu pour recevoir la même quantité d'eau immédiatement à la sortie du tuyau. D'où il suit que la dépense effective devoit être un peu au-dessus de $5\frac{1}{2}$ pouces, qui est une circonstance dont je ne fais mention que pour entrer dans les vues de M. Couplet, sur l'exactitude de qu'il faut apporter dans les expériences de la nature de celle-ci, que les moindres négligences peuvent alterer.

1257. Dans la quatrième expérience, la chute de fuite étoit de 79 pieds 2 pouces 2 lignes, qui répond à une vitesse de 68 pieds 11 pouces; & comme la charge étoit de 16 pouces 9 lignes, la chute de chaffe étoit donc de 77 pieds 9 pouces 5 lignes, dont la vitesse correspondante est de 78 pieds 3 pouces 6 lignes, qui étant soustraite de la précédente, donne 7 pouces 6 lignes, pour la vitesse de l'eau par seconde. Ainsi on trouvera la dépense naturelle, en disant: Si 5 pouces, vitesse de l'eau, donne $8\frac{1}{2}$ pouces d'eau pour une chute de 11 pouces 4 lignes, dans la troisième expérience, combien donneront 7 pouces $\frac{1}{2}$, vitesse naturelle de l'eau, pour une charge de 16 pouces 9 lignes; on trouvera 13 pouces d'eau $\frac{1}{2}$, au lieu de $7\frac{1}{2}$ pouces, trouvés par l'expérience; ainsi le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle, pourra être exprimé à peu près par $\frac{2}{3}$.

Calcul de la quatrième expérience, qui donne le rapport de 9 à 16 pour celui de la dépense effective à la dépense naturelle.

1258. Dans la cinquième expérience, la chute de fuite étoit de 79 pieds 6 lignes, dont la vitesse correspondante est de 68 pieds 10 pouces; & comme la charge étoit de 21 pouces une ligne, la chute de fuite s'est donc trouvée de 77 pieds 3 pouces 5 lignes, laquelle répond à une vitesse de 68 pieds 1 pouce; ainsi la différence avec la précédente est de 9 pouces, pour la vitesse naturelle de l'eau par seconde.

Calcul de la cinquième expérience, d'où l'on déduit que la dépense naturelle est à la dépense effective, comme 5 est à 9.

Pour trouver la dépense relative à cette vitesse, on dira: Si $7\frac{1}{2}$ pieds, vitesse naturelle de l'eau, sous une charge de $16\frac{1}{4}$ pouces, ont donné $13\frac{1}{2}$ pouces d'eau, que donneront 9 pouces, vitesse de l'eau, pour la dépense naturelle, relative à la cinquième expérience, il viendra $16\frac{1}{2}$ pouces d'eau, au lieu de $8\frac{1}{2}$ pouces, trouvés par la même expérience; ce qui donne environ $\frac{1}{2}$ pour le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle.

Le calcul de la sixième expérience donne le même résultat que celui de la première, parce que les vitesses de l'eau se trouvent égales.

1259. Dans la sixième expérience, la chute de chasse étoit de 78 pieds 9 pouces 5 lignes, relative à une vitesse de 68 pieds 9 pouces; & comme la charge étoit de 24 pouces, la chute de chasse s'est trouvée de 76 pieds 9 pouces 5 lignes, dont la vitesse correspondante est de 67 pieds 10 pouces 6 lignes; ainsi la différence avec la précédente se trouve de 10 pouces 6 lignes, pour la vitesse naturelle de l'eau par seconde; & comme elle se rencontre la même que celle que nous avons trouvé (1254) par le calcul que nous avons fait au sujet de la première expérience, & qu'il s'agit du même tuyau, la dépense sera donc encore de 18 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau, au lieu de 9 $\frac{1}{2}$ pouces, ou de 9 pouces & 11 5 lignes qu'a trouvé M. Couplet dans la première expérience, tandis qu'il ne trouve que 9 pouces 86 lignes dans la sixième; ce qui fait une différence de 29 lignes, qui ne peut provenir que de la mesure du tems qui aura été estimé un peu plus grand qu'il n'étoit effectivement, puisque les vitesses naturelles étant égales dans ces deux expériences, les relatives devoient l'être aussi: quant à la dépense que M. Couplet trouve par ses calculs, pour cette dernière expérience, il l'estime de 157 pouces, au lieu qu'il en a trouvé 160 pour la charge de 25 pouces, qui répond à la première.

La septième expérience n'étant qu'une répétition de la première, le résultat en est encore le même.

1260. Je nedis rien de la septième expérience, qui n'est qu'une répétition de la première, puisque la charge étant encore de 25 pouces, les chutes de chasse & de fuite étoient les mêmes que dans la première, aussi M. Couplet a-t-il trouvé dans l'un & l'autre la même dépense de 9 pouces 11 5 lignes. Au reste, voici le raisonnement de M. Couplet sur le quatrième profil.

Détail du nivellement du quatrième profil.

1261. „ Le quatrième profil est celui du terrain de cinq conduites de fer, dont deux sont de 18 pouces de diamètre, & les „ trois autres sont d'un pied, lesquelles toutes cinq reçoivent les „ eaux du quarré des deux réservoirs de la butte de Montboron, „ située au-dessus de Versailles, & sur la gauche du chemin de Ver- „ failles à Paris, & les portent au réservoir du château d'eau, si- „ tué dans la rue des Bons-Enfants, contre le Corps de Garde „ des Suisses.

„ Comme toutes ces conduites ont même profil & même char- „ ge, nous nous contenterons de celle de 18 pouces, dans laquelle la hauteur du quarré des réservoirs est marquée par la longueur „ ABC.

FIG. 6.

„ Au fond C de ce réservoir est une soupape de 2 pieds de dia- „ mètre, à laquelle s'abouche la conduite de 18 pouces. „ Cette conduite descend suivant la longueur CDEF de 197

„ toises, faisant dans cette longueur deux petits coudes arrondis,
 „ & peu considérables en D & en E, & ayant sa hauteur verticale
 „ FG, terminée par la ligne horizontale CG, & le point F pris sur
 „ le dessus de la conduite même de 65 pieds.

„ Du point F elle continue de descendre, mais par une pente
 „ beaucoup plus douce, suivant la ligne FH de 297 toises, ayant
 „ sa hauteur verticale HI de 7 pieds 9 pouces.

„ Ensuite du point H, elle remonte par une pente HL de 149
 „ toises, ayant sa hauteur verticale HM de 18 pieds 9 pouces.

„ Enfin du point L, où cette conduite s'arrondit, elle monte
 „ verticalement jusqu'en N, pour se décharger dans le réservoir du
 „ château d'eau. Le tuyau montant LN est de plomb en cet endroit
 „ seulement, & est de 53 pieds 10 pouces 9 lignes de hauteur, &
 „ par conséquent ce point N, par où la conduite se décharge à
 „ gueule bée, est de 1 pouce 3 lignes au-dessous du point C, qui
 „ est l'arrosement du dessus de la soupape, ou le fond du quarré de
 „ la butte de Montboron.

FIG. 6.

„ Nous avons donc cette conduite totale CDEFHLN d'envi-
 „ ron 600 toises de longueur, qui a son embouchure C élevée au-
 „ dessus de sa sortie N de 1 pouce 3 lignes seulement; ce qui s'est
 „ fait afin de conserver au réservoir du château d'eau, le plus de
 „ hauteur qu'il étoit possible; & aussi c'est ce réservoir qui fournit
 „ aux plus beaux jets d'eau de Versailles.

1262. „ Après ce détail, voici (continue M. Couplet) les expé-
 „ riences que nous avons faites sur la conduite de fer de 18 pou-
 „ ces marquée dans le profil. Premièrement, il faut remarquer, &
 „ comme nous l'avons dit ci-devant, que le dessus des soupapes,
 „ comme C, qui sont au fond du quarré du réservoir de la butte
 „ de Montboron, est plus haut de 1 pouce $\frac{1}{2}$, que le bout N de sor-
 „ tie de conduite au réservoir du château d'eau où elles se déchar-
 „ gent à gueule bée, d'où l'on voit que lorsque ces soupapes se
 „ trouvent chargées de 12 pieds de hauteur d'eau, comme par
 „ exemple de toute la hauteur CB; alors l'on peut dire que l'eau
 „ qui sort par cette gueule bée N est chargée de 12 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$,
 „ & c'est avec cette charge d'eau que nous avons fait les expé-
 „ riences suivantes.

*La charge
pour les ex-
périences
qui ont été
faites sur ce
profil, étoit
de 12 pieds
1 pouce 3
lignes.*

„ Il faut encore remarquer que le réservoir GPQR du château
 „ d'eau, ayant son fond PQ chargé de 7 pieds de hauteur d'eau,
 „ contient 34880 pieds cubiques, ou 4360 muids, mesure de Pa-
 „ ris, chacun de 288 pintes de celles de 48 pouces cubiques.

FIG. 6.

1263. „ Avec ces connoissances, nous avons laissé couler l'eau

*Expérience
faite sous la*

P p ij

charge pré-
cédente,
avec un tuyau
de 18
pouces de
diamètre.

„ par cette conduite de 18 pouces de diamètre, & elle a fourni dans
le réservoir du château d'eau 10 pouces de hauteur d'eau, ou
519 muids $\frac{7}{12}$, en 12 minutes de tems, ce qui fait 43 muids
 $\frac{66}{267}$, ou 12456 pintes $\frac{24}{111}$ par minute, ayant toujours la même
charge de 12 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$.

„ Ainsi divisant cette quantité 12456 pintes $\frac{24}{111}$ par 13 pintes $\frac{1}{2}$,
qui, selon ce que nous avons établi, est la dépense d'un pouce
d'eau par minute, nous aurons au quotient 934 pouces $\frac{24}{111}$, cette
fraction étant à $\frac{6}{111}$ près $\frac{10}{111}$ pouces ou 30 lignes d'eau.

„ Nous aurons donc 934 pouces 30 lignes pour la dépense de
notre conduite de 18 pouces à gueule bée, sous une charge de
12 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$.

Auroit ex-
périence
faite sous la
même charge,
d'un
l'on déduit
la dépense
d'un tuyau
de 12 pou-
ces de dia-
mètre.

„ 1264. Ensuite la superficie d'eau restant toujours la même en
B, au quarré des soupapes de la butte de Montboron; l'on a ou-
vert la soupape de 2 pieds qui appartient à notre conduite
de 18 pouces, & ensemble les trois soupapes de 18 pouces qui
appartiennent aux trois conduites d'un pied de diamètre chacune;
ces quatre conduites ont fourni dans le réservoir du château
d'eau 9 pouces de hauteur d'eau ou 467 muids $\frac{1}{2}$ en 6 minutes de
tems, ce qui fait à ces quatre conduites prises ensemble 1681
pouces $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire 1681 pouces, & un peu plus de 82 li-
gnes.

„ Ainsi sçachant que notre première conduite de 18 pouces,
nous a donné ci-devant 934 pouces & un peu moins de 30 li-
gnes, si de la dépense de ces quatre conduites, c'est à-dire, si de
1681 pouces 82 lignes, l'on en ôte 934 pouces 30 lignes, le
reste 747 pouces & environ 52 lignes exprimera la dépense des
trois conduites d'un pied chacune, dont le tiers 249 pouces 17
lignes, exprimera la dépense à gueule bée de chacune de ces
trois conduites de fer d'un pied, sous la même charge de 12
pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$, & d'environ 600 toises de longueur & plus.

Remarques sur les Expériences qui appartiennent au qua- trième Profil.

Résultat du
calcul de
M. Couplet
sur la pre-
mière expé-
rience du
quatrième
profil.

1265. Après cet exposé, M. Couplet trouve par ses calculs;
que la dépense du tuyau de 18 pouces de diamètre, sur la charge
de 12 pieds 1 pouce 3 lignes, auroit dû être de 5004 pouces, au
lieu de 934 pouces, ce qui est une différence de 4070 pouces par
minute; mais ajoute-t'il, „ cette différence toute considérable
„ qu'elle est, ne l'est point encore tant que dans les expériences

„ que nous avons faites sur les conduites dont nous avons parlé
 „ ci-devant, où le défaut de la dépense est vingt & trente fois plus
 „ grand que la dépense même, (1229) au lieu que dans cette ex-
 „ périence présente, la dépense que nous donne le rapport des ra-
 „ cines des charges n'est gueres que quintuple de la vraie dépense
 „ donnée par l'expérience même ; ce qui pourroit venir de ce que
 „ l'impression que fait le frottement sur cette dépense considéra-
 „ ble d'eau, est moins grande que celle qu'il fait sur une petite dé-
 „ pense ; ce qui doit arriver, puisque l'empêchement occasionné
 „ par le frottement, doit être réciproque aux masses d'eau qui sont
 „ en mouvement, d'autant plus que le frottement étant relatif aux
 „ parois des conduites différentes, il doit y avoir *plus de frottement*
 „ *dans un petit tuyau que dans un grand, & cela dans le rapport des*
 „ *quarres de leur diametre.*

1266. Dans la première & seconde expériences, la hauteur de la chute de chaffe étoit de 84 pieds 9 pouces, laquelle répond à une vitesse de 71 pieds 3 pouces 8 lignes ; & comme la charge étoit de 12 pieds 1 pouce 3 lignes, la chute de fuite étoit donc de 72 pieds 7 pouces 9 lignes, qui répond à une vitesse de 66 pieds, dont la différence avec la précédente, donne 5 pieds 3 pouces, 8 lignes, pour la vitesse de l'eau par seconde, ou 318 pieds 4 pouces par minute.

Calcul sur la première expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 7 est à 18, & non pas, comme 914 est à 5004.

Si l'on suppose pour un moment, qu'il s'agit d'une expérience faite avec un tuyau de 12 pouces de diametre, il faudra multiplier 55 lb. pesanteur d'un pied cylindrique d'eau, (341) par 318 $\frac{1}{2}$ pieds, vitesse de l'eau par minute ; il viendra 17508 lb. ou 8754 pintes, pour la dépense de ce tuyau, qui étant divisé par $\frac{10}{9}$, donne 656 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau, au lieu de 249 que M. Couplet a déduit de la première & seconde expériences ; que si l'on cherche le rapport de la dépense effective à la dépense naturelle pour cette conduite de 12 pouces, l'on trouvera qu'il peut être exprimé par $\frac{7}{18}$.

1267. Comme les dépenses naturelles des conduites également disposées, & dans lesquelles l'eau a la même vitesse, sont dans la raison des quarres des diametres des conduites, & que le rapport du carré d'un diametre de 12 pouces, est au carré du diametre de 18, comme 4 est à 9, l'on pourra dire, si 4, dépense 656 $\frac{1}{2}$ pouces d'eau, combien dépensera 9, l'on trouvera 1477 pouces, pour la dépense naturelle du tuyau de 18 pouces de diametre, au lieu de 934, trouvés par la première expérience ; que si l'on cherche le rapport de ces deux dépenses, l'on verra qu'il peut être exprimé assez exactement par $\frac{7}{11}$.

Calcul de la seconde expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 7 est à 11.

L'on voit que la dépense effective approche beaucoup plus d'égaliser la dépense naturelle dans la conduite de 18 pouces, que dans celle de 12, le déchet pour la première conduite, n'étant que les $\frac{4}{11}$ de la dépense naturelle, au lieu que pour la seconde, ce déchet en est les $\frac{11}{11}$, ce qui ne peut arriver autrement, puisqu'à la rigueur, il devoit y avoir même raison, de $\frac{4}{11}$ à $\frac{11}{11}$ que de 12 à 18, selon l'Art. 492; parce que les frottemens dans les conduites de même longueur, lorsque l'eau y a la même vitesse, sont relatifs aux parois, comme M. Couplet en convient; c'est pourquoi il n'auroit pas dû dire, qu'il devoit y avoir plus de frottement dans une petite conduite que dans une grande, dans le rapport des *quarres de leur diametre*. (1265.)

Détail des
nivellemens
du cinquième
profil.
Fig. 7.

1268. Enfin voici l'explication que donne M. Couplet du cinquième & dernier profil, d'une conduite de fer, dit-il, de 18 pouces de diametre, qui conduit l'eau du *quarré* des reservoirs du Parc aux Cerfs, à celui du bout de l'aile, & ensuite de la conduite aussi de fer d'un pied de diametre, qui l'amene au reservoir de Roquancour.

A, est une soupape de 2 pieds de diametre, située au fond du *quarré* qui reçoit l'eau des reservoirs du Parc aux Cerfs; à cette soupape, s'abouche une conduite de fer ABDFHL de 18 pouces.

Sur cette conduite au point L, s'abouche un tuyau LN de plomb, & du même diametre de 18 pouces, qui monte & conduit l'eau dans le reservoir du bout de l'aile, dans lequel il se décharge à gueule béc.

Depuis la soupape A, cette conduite ABDFHLxN a plusieurs pentes & sinuosités, dont la première, exprimée par AB, de 41 toises 5 pieds 9 pouces 6 lignes, donne pour la ligne aAB, 42 toises 2 pieds 3 pouces 3 lignes, ayant sa hauteur verticale BCb, comme il est marqué sur le profil de 21 pieds 6 pouces, comprise entre le point inférieur B, & la ligne de niveau abdfhl, qui est de 7 pieds 9 pouces 6 lignes au-dessus de la soupape A.

Du point B, cette conduite continue de descendre par une pente plus douce BD de 165 toises 5 pieds 6 pouces, qui avec aAB de 42 toises 2 pieds 3 pouces 3 lignes, donne la longueur totale aABD de 208 toises 1 pied 9 pouces 3 lignes, ayant sa hauteur verticale DEd de 29 pieds 5 pouces 6 lignes.

Du point D, elle continue de descendre par une pente DF de 317 toises 4 pieds, qui avec la longueur aABD de 208 toises 1

• pied 9 pouces 3 lignes, donne la longueur totale $aABDF$ de 525 toises 5 pieds 9 pouces 3 lignes, ayant sa hauteur verticale FGI de 46 pieds 2 pouces 6 lignes.

• Puis du point F , elle remonte par une pente FH de 186 toises 3 pieds, qui avec la longueur précédente de 525 toises 5 pieds 9 pouces 3 lignes, donne la ligne totale $aABDFH$ de 712 toises 2 pieds 9 pouces 3 lignes, ayant sa hauteur verticale Hh de 25 pieds 3 pouces.

• Ensuite du point H , elle redescend par une pente HI de 65 toises, qui avec la longueur précédente de 712 toises 2 pieds 9 pouces 3 lignes, donne la ligne totale $aABDFHI$ de 777 toises 2 pieds 9 pouces 3 lignes, ayant sa hauteur verticale LMI de 38 pieds 4 pouces.

• Enfin du point L où elle s'arrondit, elle s'élève par le tuyau montant LxN de plomb de 31 pieds 6 pouces, qui étant retranché de la verticale LM de 38 pieds 4 pouces, donne pour reste 6 pieds 10 pouces, dont la gueule bée N est au-dessous de la ligne de niveau du point a , au carré des réservoirs du Parc aux Cerfs; ainsi l'on peut dire que l'eau qui sortiroit par la gueule bée N , seroit chargée de 6 pieds 10 pouces de hauteur d'eau, lorsque sa superficie seroit en a , au carré des réservoirs du Parc aux Cerfs.

• En suivant le même profil de la Figure cinquième, l'on voit que cette même conduite $aABDFHL$ de 18 pouces s'abouche au pied L du tuyau LxN , qui monte au réservoir de l'aile, avec un autre tuyau $LOPQVZ$ aussi de fer, mais de 1 pied seulement de diamètre en dedans œuvre.

• A ce tuyau & un peu au-dessous de son abouchement en L , est placé un robinet de 1 pied d'ouverture comme sa conduite, dans laquelle il est enveloppé, en sorte que l'on tient cette conduite fermée ou ouverte, sans qu'il se fasse aucun rétrécissement dans cet abouchement.

• Ce tuyau de 1 pied, continue donc la conduite de 18 pouces, & descend du point d'abouchement L , par une pente LO d'environ 80 toises, ayant sa hauteur verticale OR de 64 pieds.

• Du point O , elle continue de descendre par une pente OP beaucoup plus douce, qui s'arrondit dans toute sa longueur de 298 toises, ayant sa convexité en bas, & ayant sa hauteur verticale PS de 10 pouces 9 lignes.

• Du point P , elle continue de descendre, mais par une pente PQ beaucoup plus roide de 171 toises, ayant sa hauteur verticale QTy de 94 pieds 3 pouces 6 lignes.

FIG. 7.

Fig. 7.

Première
expérience
faite sur la
conduite du
cinquième
profil.

» Puis elle remonte du point Q par une pente QV de 555 toises
» 2 pieds, qui dans sa longueur forme une infinité de petits cou-
» des, mais très-doux, ayant sur cette longueur QV, la hauteur
» verticale V μ de 29 pieds 5 pouces 6 lignes.

» Enfin du point V, elle continue de monter; mais par une
» pente plus douce VZ de 344 toises 2 pieds, faisant dans sa lon-
» gueur un coude adouci, qui se relève d'environ 7 pieds, de mê-
» me que la gueule bée Z, qui se relève vers sa fin d'environ 3 pieds
» pour s'aller décharger dans le réservoir de Roquancour; cette
» longueur VZ ayant pour sa hauteur verticale ZM 21 pieds un
» pouce, dont ladite gueule bée Z, coupée horizontalement, est
» plus basse que notre premier point a, par lequel passe la ligne
» horizontale *am* ou *abdfhrlqum*.

» Donc la superficie d'eau étant dans le carré des soupapes des
» réservoirs du Parc aux Cerfs à 10 pouces au-dessous du point a;
» l'eau qui sortiroit par la gueule bée Z au réservoir de Roquan-
» cour, sortiroit avec 20 pieds 3 pouces de charge.

1269. Après cette explication, voici le détail que M. Couplet
donne des expériences qui ont été faites au sujet du cinquième
profil, accompagné de quelques réflexions qui peuvent avoir
leur utilité.

» Premièrement, la superficie d'eau, dans l'état d'expérience,
» étoit au carré des réservoirs du Parc aux Cerfs, de 2 pieds 2
» pouces $\frac{1}{2}$ au-dessous du point a; donc l'eau qui sortoit alors par
» la gueule bée N, suivant ce que nous avons dit en examinant le
» profil cinquième, n'étoit chargée que de 4 pieds 7 pouces $\frac{1}{2}$ de
» hauteur d'eau, & c'est dans cet état que nous avons fait l'expé-
» rience suivante sur cette conduite de 18 pouces, & d'environ
» 790 toises de longueur.

» Nous avons remarqué qu'ayant levé la soupape A au carré
» des soupapes du réservoir du Parc aux Cerfs, laquelle étoit alors
» chargée de 5 pieds 7 pouces, notre conduite de 18 pouces a
» fourni par la gueule bée N, 3 pouces 9 lignes de hauteur d'eau
» dans une heure de temps, au-dessus du fond du réservoir de l'ai-
» le, qui est de 47 toises 1 pied 5 pouces de long sur 14 toises 2
» pieds $\frac{1}{2}$ de large, ce qui fait en superficie 682 toises 34 pieds &
» 57 pouces carrés, c'est-à-dire, près de 683 toises carrées de
» surface, ou précisément de 3540441 pouces carrés de surface,
» laquelle étant multipliée par la hauteur d'eau de 3 pouces $\frac{1}{2}$, don-
» ne pour solidité 13276653 $\frac{1}{2}$ pour les pouces cubiques d'eau que
» cette conduite de 18 pouces a fournie en une heure, & partant

en une minute, c'est-à-dire, $221\,277\frac{2}{5}$ pouces cubiques en une minute.

Mais comme 13 pintes $\frac{1}{2}$, ou ce qui est le même, 640 pouces cubiques d'eau, est la quantité que fournit par minute ce que nous avons appelé un pouce d'eau coulant; si l'on divise le nombre $221\,277\frac{2}{5}$ par 640, le quotient nous donnera $345\frac{1222}{5000}$, c'est-à-dire, 345 pouces, & près de 108 lignes pour la quantité d'eau qu'a fourni notre conduite de 18 pouces dans une longueur d'environ 790 toises, & sous une charge de 4 pieds 7 pouces $\frac{1}{2}$.

1270. Secondement, la superficie d'eau étant dans le carré des soupapes des réservoirs du Parc aux Cerfs à 10 pouces au-dessous du point a, l'eau qui sortoit par la gueule bée Z au réservoir de Roquancour, avoit 20 pieds 3 pouces de charge de hauteur d'eau.

Seconde
expérience
faite sur
la même
conduite.

Dans cet état, nous avons remarqué qu'ayant levé la soupape A, qui étoit alors chargée de 6 pieds 11 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur d'eau; cette conduite de 18 pouces & d'un pied, sçavoir de 18 pouces dans la longueur d'environ 790 toises, & d'un pied dans la longueur d'environ 1550 toises; ce qui fait pour la longueur totale de conduite ABDFHLPQVZ, environ 2340 toises, a fourni 168 pouces d'eau, nous étant servi d'un muid pour étalon.

FIG. 7.

Il faut remarquer que cette conduite ne peut point mener plus d'eau sous cette charge de 20 pieds $\frac{1}{2}$ dans cette longueur de 2340 toises, & dans la position où elle se trouve, puisqu'elle refusoit ou regorgeoit dans le réservoir de l'aile, quoique la gueule bée N du tuyau montant audit réservoir de l'aile, par où elle se déchargeoit, fût de 14 pieds $\frac{1}{2}$, élevé au-dessus du niveau de ladite gueule bée Z, au réservoir de Roquancour.

1271. L'on voit qu'auprès du réservoir de l'aile, la conduite de 18 pouces forme un angle faillant & fort élevé, & dans cet angle élevé, l'air s'y cantonnoit fixement, & empêchoit, ou du moins rallentissoit infiniment l'écoulement des eaux que cette conduite devoit fournir: c'est ce qui a engagé à placer à cet endroit, comme le profil le montre, une veniouse, que l'on peut, dans ce cas, regarder comme une chose nécessaire, comme on le connoît par presque toutes les expériences, puisqu'il est rare que l'air ne soit d'un grand obstacle dans les conduites en général. On pourra s'en convaincre par une expérience que nous avons faite sur une conduite de plomb de 8 pouces de diamètre, & de 1900 toises de long, qui amène les eaux de Roquancour au Château de Versailles, dans les réservoirs du dessous de la ram-

Observation sur la conduite du cinquième profil.

, pe de la Chapelle, sous une pente ou charge de 2 pieds 6 pouces, laquelle conduite n'a jamais fourni par sa gueule bée que 22 ou 23 pouces d'eau, d'environ 30 pouces qui se présentent à son embouchure, refusant les 7 à 8 pouces de surplus.

Effet singulier de l'air contenu dans les tuyaux de conduite.

1272. „ Mais une chose remarquable, c'est que dès l'instant qu'on lâchoit l'eau à l'embouchure de cette conduite, laquelle embouchure étoit aussi de 8 pouces comme sa sortie, il se passoit environ 10 jours avant qu'il en parut une goutte à son bout de sortie, & cela, parce que le long de cette conduite il y avoit beaucoup de coudes élevés, dans lesquels l'air se cantonnoit, & d'où il ne sortoit qu'avec beaucoup de peine; c'est ce qui a encore fait penser à adoucir quelques coudes de cette conduite, & à mettre des ventouses aux angles les plus élevés, où elles sont encore, & alors au bout de 12 heures, l'on vit sortir quelques filets d'eau, au lieu de 10 ou 12 jours qu'il falloit auparavant, & 5 à 6 heures après il en sortit 22 à 23 pouces, qui est toute la quantité que l'on peut avoir par cette conduite.

„ Une chose à remarquer, c'est que les cinq ou six dernières heures qu'on attendit avant que d'avoir le plus grand écoulement d'eau, ou la plus grande dépense de cette conduite, se passèrent à l'évacuation de bouffées de vent, de flocons d'air & d'eau, & de filers d'eau, qui tantôt couloient & tantôt ne couloient plus; ce qui fait encore voir que l'air est d'un grand obstacle dans les conduites.

„ Si l'eau n'avoit point de difficulté à passer dans les tuyaux de conduite, sa dépense seroit comme la racine des charges; mais lorsqu'elle trouve de la difficulté à couler dans ses conduites, la force qu'elle a pour vaincre cette difficulté, est comme la charge même; il faut donc sçavoir quelle est la résistance absolue que l'eau trouve à circuler, tant à cause de son adhérence aux parois de ses conduites, qu'à cause des autres obstacles différens quelconques; & si l'eau est si long-tems avant que de sortir par l'autre bout de conduite, comme nous le venons de remarquer dans la conduite de Roquancourt.

Remarques sur les Expériences qui appartiennent au cinquième Profil.

Calcul sur la première expérience, d'où il ré-

1273. La chute de chaffe dans la première expérience, relative à ce profil, étoit de 36 pieds 1 pouce 6 lignes, qui répond à une vitesse de 46 pieds 6 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de

4 pieds 7 pouces 6 lignes, la chute de fuite n'étoit donc que de 31 pieds 6 pouces, qui répond à une vitesse de 43 pieds 5 pouces 8 lignes, dont la différence avec la précédente, est de 3 pieds 10 lignes pour la vitesse de l'eau par seconde, ou de 192 pieds 6 pouces par minute.

Multipliant cette vitesse par 55 lb, pesanteur d'un pied cylindrique d'eau, il viendra 10587 $\frac{1}{2}$ lb pour la dépense naturelle de cette conduite, si elle n'avoit eu que 12 pouces de diamètre; mais comme elle en a 18, il faut multiplier ce nombre par $\frac{2}{3}$, rapport du carré du diamètre de 18 pouces à celui de 12, (1267) il viendra 23822 lb d'eau, ou 11911 pintres, ou enfin 893 pouces d'eau, pour la dépense que l'on cherche: que si on lui compare la dépense effective qui a été trouvée de 345 pouces, on verra que leur rapport peut être exprimé par $\frac{1}{14}$.

1274. Quant à la seconde expérience, la chute de chasse s'est trouvée de 93 pieds 5 pouces 6 lignes, dont la vitesse correspondante est de 74 pieds 10 pouces 6 lignes; & comme la charge étoit de 20 pieds 3 pouces, la chute de fuite n'étoit que de 73 pieds 2 pouces 6 lignes, dont la vitesse relative est de 66 pieds 3 pouces, qui étant soustraite de la précédente, donne 8 pieds 7 pouces 6 lignes, pour la vitesse de l'eau par seconde, ou 517 pieds 6 pouces par minute, qu'il faut encore multiplier par 55 lb; il viendra 28462 lb pour la dépense naturelle de cette conduite, dont le tuyau de décharge étoit de 12 pouces: que si l'on réduit cette dépense en pouces d'eau, on en trouvera environ 893, au lieu de 168 qu'a donné cette seconde expérience; ainsi comparant comme cy-devant la dépense effective à la dépense naturelle, l'on trouvera que leur rapport peut être exprimé assez exactement par $\frac{1}{15}$.

1275. Si la dépense effective approche beaucoup plus de la dépense naturelle, dans la première expérience que dans la seconde; cela vient de plusieurs causes bien sensibles. Dans la première, le tuyau étoit de 18 pouces de diamètre, la conduite n'avoit que 790 toises de longueur; la vitesse naturelle de l'eau ne devoit être que de 3 pieds 10 pouces 6 lignes, & il ne s'est rencontré que deux coudes & une cascade, au lieu que dans la seconde expérience, il y avoit 1550 toises de tuyaux, qui n'avoient que 12 pouces de diamètre; la conduite étoit de 2340 toises; la vitesse naturelle de l'eau de 8 pieds 7 pouces 6 lignes, & il se rencontre dans cette conduite neuf ou dix coudes, & quatre cascades; ainsi tous ces obstacles compliqués devoient retarder considérablement la vitesse de l'eau; & il est même sur-

*suivre que la
dépense ef-
fective est à
la dépense
naturelle
dans le ra-
port de 11
à 18.*

*Calcul pour
la seconde
expérience,
d'où il ré-
sulte que la
dépense ef-
fective est à
la dépense
naturelle
dans le ra-
port de 3 à
19.*

*Raison qui
fait voir
pourquoi le
déchets est
plus grand
dans la se-
conde expé-
rience que
dans la pre-
mière.*

prenant que le déchet ne soit pas plus grand qu'il se rencontre ici.

Voilà ce qu'il m'a paru qu'on pouvoit dire de plus essentiel sur les Expériences de M. Couplet, desquelles il sera aisé de déduire des formules pour la pratique, en y faisant entrer les règles que nous avons donné au commencement de ce Chapitre. J'avois établi plusieurs de ces formules, dans le dessein de les rapporter ici; mais m'étant apperçu que pour les rendre générales, il me falloit encore être prévenu de quelques expériences que je ne suis point à portée de faire présentement, je me suis réservé de donner ces formules dans un autre Ouvrage, avec plusieurs autres choses intéressantes, qui serviront de Supplément à celui-ci.

CHAPITRE III.

Des Machines pour tirer l'Eau des Puits fort profonds, principalement de celles qui sont mues par l'action du Feu.

LA nécessité où l'on se rencontre souvent de creuser des puits fort profonds, ayant donné lieu à l'invention de plusieurs Machines pour en tirer facilement une grande quantité d'eau à la fois; j'en vais décrire plusieurs, en commençant par celles qu'on peut mouvoir par l'action du feu.

J'ai dit au commencement du second Livre (634) que les Anciens avoient ignoré l'art de mouvoir les Machines, en faisant travailler, comme nous, l'eau & l'air à la place des hommes & des chevaux; mais il restoit encore un Élément à soumettre aux Loix de la Mécanique; c'est à quoi l'on est parvenu depuis le commencement de ce siècle, en se servant du feu pour élever des poids d'une pesanteur immense, & d'une manière si ingénieuse, qu'on n'a rien imaginé jusqu'ici, qui fasse plus d'honneur à l'esprit humain.

*Origine des
Machines à
feu, selon
M. Papin.*

1276. Pour dire un mot de l'origine des Machines mues par l'action du feu, l'on sçavra que je n'ai trouvé personne qui prit la chose de plus loin que M. Papin, Docteur en Médecine, Professeur en Mathématique à Marbourg, & Membre de la Société Royale de Londres, dans la Préface d'un petit Ouvrage, qui a pour titre : *Nouvelle manière d'élever l'eau par la force du feu*, imprimé à Cassel en 1707. L'Auteur rapporte que dès l'année 1698, il avoit déjà fait un grand nombre d'expériences par ordre de son Altesse Sérénissime Charles Landgrave de Hesse, pour essayer d'élever l'eau par la force du feu, qu'il a communiqué à plusieurs personnes, & entr'au-

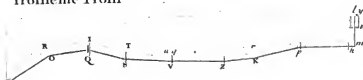
Premier Profil.



Second Profil.



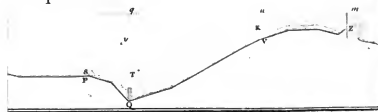
Troisième Profil



Quatrième Profil



Cinquième Profil



tres à M. Leibnitz qui lui a répondu avoir eu aussi la même pensée.

1277. Comme dans ce tems-là M. Savery travailloit en Angleterre pour parvenir à la même fin, & qu'il a dès-lors rendu public le fruit de ses recherches. M. Papin ajoute; „ce que j'en dis „ici n'est pas pour donner lieu de croire que M. Savery, qui a de- „puis publié cette invention à Londres, n'en soit pas effectivem- „ment l'Inventeur. Je ne doute point que cette pensée lui soit „venue aussi-bien qu'à d'autres, sans l'avoir apprise d'ailleurs; mais „ce que j'en dis est seulement pour faire voir que Monseigneur „le Landgrave est le premier qui a formé un dessein si utile.

M. Savery est un des premiers qui ait travaillé sur cette matière, de l'avoué même de M. Papin.

„Ce travail ayant été interrompu, (continue M. Papin) seroit „peut-être demeuré dans l'oubli, n'eût été que M. Leibnitz dans „une Lettre du 6 Janvier 1705, me fit l'honneur de me deman- „der ma pensée au sujet de la Machine de M. Thomas Savery, „dont il m'envoyoit la Figure imprimée à Londres. Quoique sa „construction fût un peu différente de la nôtre, & que je n'eusse „pas le Discours qui devoit expliquer la Figure; je connus pour- „tant d'abord que la Machine Angloise & celle de Cassel étoient „fondées sur le même principe; & j'eus l'honneur de le faire voir „à Monseigneur le Landgrave: cela fit reprendre à S.A.S. le des- „sein de pousser cette invention, qui est sans doute très-utile, „comme on verra dans la suite. Je puis donc assurer qu'il a coûté „bien du tems, du travail & de la dépense pour conduire la chose „à la perfection où elle est à présent, & il seroit trop long de par- „ticulariser toutes les difficultés imprévues qui se sont rencon- „trées, & toutes les expériences qui ont réussi tout au contraire „de ce qu'il sembloit qu'on en devoit attendre; ainsi je me con- „tenterai de faire voir combien ce que nous avons à présent est „préférable à ce que nous avons fait d'abord, & à ce que M. Sa- „very a fait depuis, afin que le public ne puisse se méprendre dans „le choix qu'il aura à faire entre ces différentes Machines, & qu'il „profite sans peine de ce qui en a tant coûté; & afin aussi qu'on „voye que l'obligation qu'on a à S.A.S. à cet égard, n'est pas sim- „plement pour en avoir formé le premier dessein; mais aussi pour „avoir surmonté les difficultés des premières exécutions; & avoir „fait conduire la chose au degré de perfection où elle est à présent.

1278. M. Papin donne ensuite la description de la Machine qu'il a exécutée, & n'oublie rien pour la mettre en valeur; mais quoi- „qu'il puisse dire, il s'en faut bien qu'elle soit aussi ingénieuse & „aussi achevée que celle de M. Savery, qui a l'avantage de se pro- „curer à elle-même tous les mouvemens dont elle a besoin, sans

La Machine de M. Savery est incomparablement plus par-

*faire que
celle de
M. Papin.*

que personne y touche, au lieu que l'autre ne peut agir qu'avec le secours de plusieurs hommes, dont il y en doit avoir au moins un qui manœuvre sans interruption, avec des sujétions qui rendent cette Machine aussi imparfaite, que celle de M. de Savery est accomplie.

M. Amontons a aussi travaillé au moyen de se servir du feu pour faire agir des Machines.

1279. Tandis que M. Papin travailloit en Allemagne, & M. Savery en Angleterre, aux moyens de faire usage de l'action du feu pour mouvoir les Machines, M. Amontons en France étoit aussi occupé du même objet, comme si les trois Nations de l'Europe qui ont fait le plus de progrès dans les Sciences, eussent dû fournir chacune un Sçavant pour participer à la gloire d'une découverte aussi importante.

L'on trouve dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1699, ce que M. Amontons a écrit sur ce sujet : il y propose une roue de Moulin extrêmement ingénieuse, qu'il démontre pouvoir être mue par l'action du feu, fondé sur un grand nombre d'expériences, & sur des raisonnemens qui ne laissent aucun doute du succès de cette roue, qu'il nomme *Moulin à feu*. Quand M. Amontons a écrit son Mémoire, il paroît qu'on étoit bien incertain si l'on pourroit réussir à faire usage de l'action du feu pour mouvoir des Machines, comme on en peut juger par l'exposé de cet Auteur.

Discours de M. Amontons, qui prouve qu'avant le commencement de ce siècle on ne s'étoit point servi du feu avec succès, pour faire agir des Machines.

1280. „ Chacun ne convient pas (dit-il) que la force que le feu „ employe à produire des effets surprenans, puisse utilement ser- „ vir à mouvoir régulièrement les Machines où on a de coût- „ me d'employer les forces animées & réglées, comme sont cel- „ les des hommes & des chevaux, parce qu'on ne connoit pas „ encore bien de quelle maniere on pourroit faire cette applica- „ tion, & que les moyens que l'on a proposé jusqu'ici ont paru „ avoir trop d'inconvéniens. La vérité est cependant qu'on n'est „ pas plus en droit d'en douter, qu'on l'étoit avant l'invention des „ Moulins à eau & à vent, à douter que le mouvement de l'eau „ ou de l'air pussent servir aux mêmes usages; car en ces rencon- „ tres, comme tout ne dépend que de trouver quelques moyens „ assez simples pour en rendre l'usage commode & profitable, „ l'impossibilité n'est point de la part de la chose, mais seulement „ du côté de nos connoissances qui ne s'étendent & ne s'accrois- „ sent qu'avec le tems, à mesure que les expériences & l'usage „ journalier nous en donnent occasion.

M. Savery est le pre-

1281. M. Amontons étant mort peu de tems après avoir exposé ses vûes, a été privé de la satisfaction de les mettre en pratique,

& d'apprendre que M. Savery étoit parvenu à ménager l'action du feu avec plus de justesse encore qu'on ne fait celle de l'eau ou du vent, lorsqu'ils sont appliqués à des Machines; car quoique M. le Marquis de Worcester soit le premier en Angleterre qui ait fait mention en termes intelligibles d'une Machine pour élever l'eau par le moyen du feu dans un petit Traité intitulé : *A Century of Inventions*, on ne peut disputer à Mr Savery d'avoir fait exécuter ces sortes de Machines pour la première fois dans la Grande Bretagne; ce qui est attesté par plusieurs Lettres qui m'ont été écrites à cette occasion de la part de Messieurs de la Société Royale, dans une desquelles il est aussi fait mention de M. *Newcomen*, comme ayant beaucoup contribué à la mettre dans la perfection où elle est à présent; & une preuve que cette Machine a pris sa naissance en Angleterre, & qu'elle l'emporte sur tout ce qui a été tenté en France & en Allemagne à cette occasion, c'est que toutes les Machines à feu qu'on a construit ailleurs que dans la Grande Bretagne, ont été exécutées par des Anglois, telle est celle qui se rencontre à *Fresnes*, Village proche Condé, pour y puiser l'eau des Mines à Charbon qui s'y trouvent, où j'ai fait plusieurs voyages exprès pour me mettre en état d'en donner la description & les développemens qui ne laisseront rien à désirer sur tout ce qui en compose le mécanisme & la théorie. Je n'y suis appliqué avec d'autant plus de soin, que le dessein qui a paru de cette Machine, n'étant qu'une perspective fort embrouillée, n'en peut donner qu'une idée très-confuse, au lieu que les Plans, Profils & Elévations que je vais expliquer, font voir l'objet des moindres parties, & la proportion qu'il doit y avoir entr'elles; de manière que je me flatte que ceux mêmes qui n'auront point vu cette Machine, seront non-seulement en état d'en juger parfaitement, mais encore de la faire construire dans toute la précision qui doit lui convenir pour la rendre parfaite.

1282. Les Machines à feu étant composées d'un grand nombre de pièces différentes, il convient, pour ne point trop partager l'attention, de n'exposer d'abord que les principales, afin d'en faire voir l'objet & la liaison. L'on sçaura donc que le Mécanisme de ces sortes de Machines, dépend en général d'un *balancier*, dont une des extrémités répond aux pompes aspirantes qui élèvent l'eau du puits, & l'autre à un *piston* qui joue dans un *cylindre*.

Ce cylindre communique à un grand *Alambic* de cuivre, l'un & l'autre bien fermés de toutes parts, pour que l'air extérieur ne puisse s'y introduire, & le fond de cet Alambic sert de ciel à un fourneau, dont le feu est le moteur de la Machine.

*mier qui
s'is par-
vens à sa-
re pour ré-
sultent une
Machine
par le moyen
du feu, &
on ne peut
disputer
aux Anglois
le mérite
de cette
Invention.*

*Il est généra-
lité du Mé-
canisme des
Machines à
feu.*

L'eau qui bout dans l'alambic produit une *vapeur*, qui, passant dans le cylindre, élève le piston malgré le poids de la colonne d'air dont il est chargé, & dès qu'il est parvenu à son plus haut terme, l'effet d'un certain mouvement interrompt par le moyen d'un diaphragme, nommé *Régulateur*, la communication de la chaudière & du cylindre, dans lequel il survient subitement une *injection* d'eau froide, qui venant jaillir contre le dessous du piston, retombe en pluie, & condense la vapeur dont la force s'anéantit; ce qui fait naître un *vide* qui donne lieu à la *colonne d'air* de chasser le piston de haut en-bas pour le ramener d'où il étoit parti; aussi-tôt le mouvement dont nous venons de faire mention agissant d'un sens contraire, ferme le *robinet d'injection*, & ouvre le *régulateur*, pour laisser à la vapeur la liberté de s'introduire de nouveau dans le cylindre, & recommencer la même manœuvre; ainsi l'on voit que le jeu de cette Machine dépend de l'effet alternatif de l'eau chaude & de l'eau froide, joint à l'action de l'atmosphère: il reste maintenant à expliquer en détail la disposition de toutes ces pièces, & de quelle manière elles se communiquent leurs différens mouvemens.

Explication
du balan-
cier qui fait
une des
principales
parties de la
Machine.

PLAN. 1.
FIG. 2.

1283. L'on jugera de la situation & de la forme du *balancier*, en considérant la seconde Figure, où l'on verra qu'il est composé d'une grosse poutre AB, soutenue dans le milieu par deux *tourillons*, dont les *Paliers* portent sur un des pignons du bâtiment qui renferme la Machine. Les extrémités de cette poutre sont accompagnées de deux *jantes cannelées* C, D, dont la courbure a pour centre le point d'appui E, afin que les chaînes qui y sont suspendues, se maintiennent toujours dans la même direction. La première F porte le *piston* du cylindre, & l'autre G la *tige* qui meut les pompes *aspirantes* pour élever l'eau du puits, laquelle se décharge dans la *basche* K, où elle est toujours entretenue à une certaine hauteur.

Le balan-
cier est ac-
compagné
de deux pe-
tites jantes
dont l'une
fait agir le
régulateur
avec le ro-
binet d'in-
jection, &
l'autre une
pompe re-
foulante.
Explication

1284. Sur une des faces de la même poutre sont attachées deux autres *jantes* semblables aux précédentes, dont la première H soutient une chaîne L, à laquelle aboutit une *conlisse* servant à ouvrir & fermer le robinet d'injection & à mouvoir le *diaphragme* qui règle l'action de la vapeur de l'eau chaude.

Quant à la seconde *jante* I, elle soutient aussi une chaîne O, aboutissant au *cadre* N du piston d'une pompe *refoulante*, qui élève à 36 pieds une partie de l'eau de la *basche* K par un tuyau montant dans une *cuvette* M, servant à entretenir le robinet d'injection, & à plusieurs autres usages dont il n'est point encore tems de parler.

1285. L'ouverture du puits est de 6 pieds en carré sur 46 toi-
ses

des de profondeur, & de 24 pieds en 24 pieds, il y a une cuvette de plomb partagée en deux bassins, chacun de 24 pouces de profondeur, unis par une communication, dont la profondeur n'est que de 10 pouces sur autant de largeur. Au fond d'un de ces bassins est un corps de pompe aspirant, & dans l'autre trempe le tuyau d'aspiration de la pompe supérieure; tous les pistons de ces pompes ont 7 pouces de diamètre sur 6 pieds de levée, leur construction est la même que celle que nous avons décrite dans les articles 955, 956. Leurs tiges sont suspendues à des poutrelles de 24 pieds de longueur, liées les unes aux autres de la manière qu'on le voit représenté dans la Figure 25, & composent un train suspendu à la jante du balancier qui est au-dessus du puits, au fond duquel est un puisard où viennent se rassembler les eaux de tous les rameaux de la Mine. Ainsi il faut concevoir que dans ce puisard trempe le tuyau d'aspiration d'une première pompe qui aspire l'eau à 24 pieds de hauteur; que de là elle est reprise par une seconde pompe qui l'élève encore de 24 pieds plus haut, & successivement par d'autres qui la font monter de cuvette en cuvette jusques dans la bache, parce que tous les pistons jouent en même tems: au reste, l'on observera que le puits dont nous parlons, n'a lieu que pour puiser les eaux de la Mine, & qu'il y en a un autre à 50 ou 60 toises de celui-ci, par lequel l'on tire le charbon.

1286. Il est bon d'être prévenu que la charge que soutiennent les chaînes O, G, est beaucoup plus grande que celle que portent les chaînes F, L, lorsque le poids de la colonne d'air n'agit pas sur le piston; ainsi la situation naturelle du balancier est de s'incliner du côté du puits, au lieu que la Figure seconde le représente dans un sens contraire, c'est-à-dire, dans celui où se trouve, lorsque l'injection d'eau froide ayant condensé la vapeur renfermée dans le cylindre, le poids de la colonne d'air fait baisser le piston (1282). Alors l'eau du puits est aspirée, & celle de la bache refoulée dans la cuvette M; mais quand la vapeur vient à s'introduire dans le cylindre, la force étant supérieure au poids de la colonne d'air, soulève le piston, laisse agir le poids des attirails que portent les chaînes O, G, & le balancier s'incline du côté du puits, qui est la situation où il reste lorsque la machine ne joue pas, parce qu'il s'introduit de l'air dans le cylindre au-dessous du piston qui se met en équilibre par son ressort, avec le poids de celui qui est au-dessus.

1287. Pour limiter le mouvement du balancier & amortir sa violence, afin que la machine n'en reçoive point de trop grandes secousses; l'on fait saillir en-dehors du bâtiment les extrémités P de

des Pompes aspirantes, qui élèvent successivement l'eau du puits.

PLAN. 3:
FIG. 20.
21. 22.
23. 24.
& 25.

Situation du balancier lorsque la Machine ne joue pas.

Le mouvement du balancier est limité par

des chevrons à ressorts qui en amortissent la violence.

deux poutres, pour soutenir deux chevrons à ressorts, recevant un boulon qui traverse le sommet des grandes jantes du balancier, & l'on prend la même précaution pour le soulager dans sa chute du côté du cylindre; comme on en peut juger, en considérant la Figure quatorzième, qui représente le plan du troisième étage du bâtiment, où l'on voit la surface supérieure du balancier avec les parties qui l'accompagnent, & le plan de la cuvette, laquelle peut avoir 4 pieds quarrés de base sur 3 pieds de hauteur, & contenir environ un muid d'eau.

Description du cylindre avec ses dimensions.

1288. Les Figures 4 & 5 représentent l'élévation & le profil du cylindre AB, dont nous avons parlé, (1282) accompagné des tuyaux qui contribuent au jeu de la machine. Ce cylindre, qui est de métal bien alaisé, a intérieurement 30 pouces de diamètre sur

PLAN. 2.
FIG. 4.
& 5.

9 pieds de hauteur & 18 lignes d'épaisseur. A 6 pouces au-dessous de son sommet C (renfermé dans le second étage du bâtiment) régnent tout autour un rebord BD, sur lequel est attaché avec une bride une coupe de plomb DE de 18 pouces de hauteur, évasé par le haut.

Le milieu de ce cylindre est encore accompagné d'un second rebord FF, servant à soutenir sur deux poutres, entre lesquelles il est enclavé, & sur deux barres de fer qui les traversent.

La surface du cylindre est percée de deux trous opposés pour deux causes essentielles.

1289. A 3 pouces au-dessus de la base, le cylindre est percé de deux trous directement opposés, chacun accompagné d'un collet G intérieurement de 4 pouces de diamètre, dont le premier sert à introduire le tuyau d'injection H, & le second aboutit à un godet de cuivre I, dans le fond duquel est une soupape suspendue à un ressort de fer pour la maintenir toujours dans la même direction lorsqu'elle joue. Cette soupape que l'on nomme *renisflante*, sert à évacuer l'air que la vapeur chasse du cylindre, lorsqu'on commence à faire jouer la machine; & ensuite celui qui est emmené par l'eau d'injection, qui empêcheroit l'effet, s'il n'avoit une issue.

Description du fond du cylindre.

1290. Le fond Aa de ce cylindre est une plaque de métal postiche, attachée avec des vis à une bride qui répond à la base; le milieu est traversé par un tuyau K d'un pied de hauteur, ayant intérieurement 6 pouces de diamètre, l'un & l'autre fondus ensemble, de manière qu'une moitié se trouve dans le cylindre pour empêcher que l'eau qui tombe sur le fond n'entre dans l'alambic, & l'autre dehors, pour faciliter la jonction du cylindre & de l'alambic.

L'eau provenant d'injection évacuée par le fond du cylindre.

1291. Le même fond est encore percé vers sa circonférence d'un trou b de 4 pouces de diamètre, avec un collet ac de 6 de hauteur, dont l'objet est de faciliter l'évacuation de l'eau d'injection: 1292. Le piston L qui joue dans le cylindre sur une hauteur de

6 pieds, est un plateau de métal, dont le diamètre a 2 lignes de moins que celui du cylindre, sur 18 lignes d'épaisseur, plus enfoncé dans le milieu que vers la circonférence, comme on en peut juger par ses plans & profils représentés en grand dans les Figures 11, 12 & 13, où l'on remarquera que sa circonférence termine une *couronne* A de 4 pouces de largeur, formant un relief de 2 pouces. Sur cette couronne est appliquée une ou deux bandes de cuir fort épais, saillant d'une ligne sur le pourtour du piston; l'on maintient ce cuir inébranlable en le chargeant d'un *anneau* B de plomb, de même largeur que la couronne, divisé en trois parties égales, chacune accompagnée d'une queue C, qui s'encastre dans une *cellule* D faite de trois plaques de cuivre soudées verticalement sur le fond du piston.

Le centre de ce piston est percé d'un trou qui reçoit le bout de la tige EF par le moyen d'un renon arrêté avec des clavettes, & cette tige est suspendue à la chaîne du balancier.

1293. Au fond de la cuvette d'injection aboutit un tuyau de plomb H de 4 pouces de diamètre, qui s'introduit dans le cylindre en passant au travers du collet G (1289); ce tuyau est terminé par un *ajutage* plat, dont l'œil a 6 lignes de diamètre, d'où sort 9 à 10 pintes d'eau froide par chaque injection, ce qui se fait par le moyen du jeu de la clef d'un robinet M, qui s'ouvre & se ferme alternativement (1282) comme nous l'expliquerons ailleurs. Au même tuyau on en a joint un autre horizontal N, ayant au milieu un robinet par lequel on fait couler sans cesse de l'eau au-dessus du piston pour en humecter le cuir, & empêcher l'air extérieur de s'insinuer dans le cylindre; & pour que cette eau ne déborde pas la coupe, lorsque le piston vient à remonter, on a ménagé un tuyau OP de 4 pouces de diamètre, qui en reçoit le superflu qui va se rendre dans un réservoir placé en-dehors du bâtiment.

1294. L'alambic est composée d'une grande chaudière QRST un peu évasée par le haut, ayant un diamètre de 9 pieds sur 3 & demi de profondeur, accompagnée d'un rebord de 12 pouces de faillie, qui s'appuie sur une retraite R, S de 3 pouces, ménagée dans la maçonnerie qui entoure cette chaudière, dont la surface extérieure est isolée par une petite gallerie RQ, ST de 9 pouces de l'argeur, qui regne tout autour, & dans laquelle circule la fumée du fourneau VQTX, pour entretenir la chaleur de l'eau bouillante.

1295. Le *chapiteau* RYS de l'alambic a la forme d'un dôme, composé de plusieurs plaques de cuivre liées ensemble, & revê-

du piston qui joue dans le cylindre.

PLAN. 3:
FIG. 11.
12. & 13.

De quelle manière l'eau de la cuvette d'injection s'introduit dans le cylindre.

PLAN. 2:
FIG. 1. 2.
4. & 5.

Description de la chaudière qui compose le fond de l'alambic.

PLAN. 2:
FIG. 5.

Description du chapiteau de l'alambic.

rués de maçonnerie sur la hauteur de 30 pouces, pour le fortifier contre la force de la vapeur, & le garantir des atteintes de tout ce qui pourroit l'endommager. Son sommet est terminé par une pièce circulaire de métal percée d'un trou de 6 pouces de diamètre, accompagné d'un collet de 3 pouces de saillie, ayant une bride pour se raccorder avec le tuyau de communication RZ de 18 pouces de hauteur, qui joint l'alambic avec le cylindre; & à la base de ce collet est un petit relief de 4 lignes de saillie, formant une couronne de 6 lignes de largeur contre laquelle s'applique le régulateur quand il interrompt le passage de la vapeur dans le cylindre.

PLAN. 2.
FIG. 4.
& 5.

Explication
des parties
qui appar-
tiennent au
régulateur.

1296. Pour faciliter l'intelligence de ce que nous venons d'insinuer, il faut considérer la Figure 15, dans laquelle AB représente la partie dont nous parlons, de 24 pouces de diamètre, fondue avec le collet DCEF, accompagné d'une moitié CGIHÉ de la bride, servant à le raccorder avec le tuyau de communication.

Cette pièce répond à quatre supports de fer KL de 4 pouces 6 lignes de hauteur, qui soutiennent un anneau OS de 2 pouces de largeur, dont le diamètre intérieur est de 12 pouces. A cet

PLAN. 3.
FIG. 15.
16.
17.
18. & 19.

anneau est attaché un ressort de fer MN de deux pouces de largeur, servant à soutenir le régulateur QR, dont le plan & le profil sont représentés en particulier par les Figures 17 & 18, qui montrent que ce régulateur, qui a 7 pouces de diamètre, est accompagné d'un manche dont l'extrémité T est percé quarrément pour recevoir un essieu vertical *ab*, ayant son centre de mouvement éloigné de 6 pouces 8 lignes du régulateur.

Le pivot *c* de cet essieu joue dans un trou V (Fig. 19.) pratiqué dans l'anneau VS, & la partie *ad* est liée à l'aide d'une clavette au manche du régulateur. Quant à la partie *ae*, qui est arrondie, elle joue exactement dans un trou percé à travers de la plaque AB, & présente en-dehors de l'alambic un tenon *ef*, pour s'ajuster avec une tige qui communique le mouvement au régulateur, dont le bouton Z glisse sur le ressort MN qui est fort poli, en descendant de Z en N pour ouvrir l'orifice DF, & remonte de N en Z pour le fermer.

Situation
de l'alam-
bic & du
fourneau
dans le bâ-
timent qui
renferme la
machine.

PLAN. 3.

1297. L'on jugera de l'emplacement de l'alambic dans le bâtiment où il est renfermé, en considérant la Figure 10, qui représente le plan du premier étage, élevé d'environ 10 pieds au-dessus du rez-de-chaussée. L'on y verra une coupe horizontale de l'alambic, accompagnée du revêtement de maçonnerie qui en soutient le chapiteau. De cet étage l'on peut descendre par un petit escalier AB dans l'endroit où est le fourneau, dont la construc-

tion s'entendra aisément, en considérant les Figures 8 & 9 qui en Fig. 8.
montrent le plan & le profil coupé sur l'alignement C D (Fig. 10.). 9. & 10.

Le fond de ce fourneau est une grille élevée de 4 pieds au-dessus du rez-de-chaussée servant de foyer, & on introduit le bois ou le charbon de terre par une ouverture E, vis-à-vis de laquelle est une porte C, qui répond au rez-de-chaussée.

On a pratiqué une ventouse FG dans l'épaisseur du massif de la maçonnerie & des terres qui se trouvent derrière le fourneau, afin que l'air extérieur puisse aisément s'introduire dans le cendrier sous la grille, pour animer le feu dont la fumée ne peut s'échapper par la cheminée HIK, opposée à l'entrée du fourneau, qu'après avoir circulé autour de la chaudière (1294). Au reste, comme les Figures 8 & 9 ne laissent rien à désirer sur ce qui peut appartenir au fourneau, je ne m'y arrêterai pas davantage.

1298. Pour achever ce qui me reste à dire sur l'alambic, il faut considérer les Figures 1 & 3, qui représentent en grand la surface de son chapiteau, où l'on remarquera la position A d'un bout de tuyau de 4 pouces de hauteur sur autant de diamètre, fondé verticalement sur le chapiteau. Au sommet de ce tuyau est adaptée une soupape, que nous nommerons *ventouse*, dont l'objet est de donner de l'air à l'alambic, lorsque la vapeur devient par trop forte; elle se leve assez souvent quand le régulateur est fermé, & que le piston descend.

Au-dessus du chapiteau de l'alambic est une ventouse pour laisser échapper la vapeur quand elle est trop forte.

1299. L'on remarquera aussi que l'ellipse BC, dont le grand axe est de 18 pouces, & le petit de 14, est une plaque de cuivre, qui se détache quand on veut pour entrer dedans l'alambic lorsqu'il y a quelque réparation à y faire. A cette plaque sont attachés aux endroits D, E, deux tuyaux pendans p, q, représentés dans la cinquième Figure, dont le premier p est plus court de 3 pouces que le second q, qui descend jusqu'au niveau RS du bord de la chaudière; ces tuyaux ont au sommet chacun une clef de robinet, servant à éprouver à quelle hauteur est la surface de l'eau dans l'alambic: par exemple, si en les ouvrant on s'aperçoit qu'ils donnent tous deux de la vapeur, c'est une marque que l'eau est trop basse, & au contraire s'ils donnent tous deux de l'eau, c'en est une qu'elle est trop haute, mais si l'on donne de l'eau & l'autre de la vapeur, alors la surface de l'eau est à une hauteur convenable; ce qui arrive quand elle se rencontre à un ou deux pouces au-dessus du bord RS de la chaudière.

PLAN. 2.
FIG. 1.
3. 4. & 5.
Usage de deux tuyaux pour éprouver la hauteur de l'eau dans l'alambic.

Si l'eau sort par les tuyaux d'épreuve, cela vient de ce que la vapeur faisant effort de toute part pour s'échapper, presse la surface

R r i j.

ce de l'eau dans laquelle le tuyau trempe & l'oblige à monter comme dans les pompes aspirantes, parce que la chaleur a extrêmement dilaté l'air qui se trouve dans ce tuyau.

*De quelle
manière on
voit la
vapeur de
l'alambic
pour arrê-
ter la Ma-
chine.*

FIG. 5.

*Usage d'un
Réservoir
provision-
nel pour
fourir de
l'eau à l'a-
lambic.*

1300. Au chapiteau de l'alambic est encore adapté un tuyau de cuivre *def* que l'on nomme *cheminée*, dont l'extrémité *f* qui aboutit hors du bâtiment, est fermée d'une soupape, attachée à une corde qui passe sur deux poulies; ce tuyau qui a 5 pouces de diamètre sert à évacuer la vapeur en ouvrant la soupape lorsqu'on veut arrêter la Machine, & à lui donner une échappée lorsqu'elle acquiert assez de force pour élever la soupape, autrement elle mettroit l'alambic en danger de crever.

1301. En-dehors du bâtiment est une plate-forme de maçonnerie au niveau du premier étage, sur laquelle est placé un réservoir *provisionnel* fait de madriers, doublés de plomb, dans lequel on entretient ordinairement 33 ou 34 muids d'eau, provenant du superflu de la cuvette d'injection qui descend par le tuyau *h* (1284). Ce réservoir qui est accompagné d'une décharge de superficie *i*, sert à introduire dans l'alambic, quand il est ouvert, environ 26 muids d'eau par le moyen d'un tuyau *kz*, accompagné d'un robinet *m*, & on vuide l'alambic par un autre *no* qui passe sous la plate-forme.

1302. Comme on ne peut faire jouer la machine sans avoir de l'eau dans la cuvette d'injection, l'on a placé dans le troisième étage une pompe aspirante *Q* (Fig. 2.) dont le tuyau *RST* aboutit vers le fond du réservoir provisionnel, afin qu'au besoin on en puisse tirer de l'eau pour remplir cette cuvette, qui est ordinairement vuide, quand la Machine ne joue pas, parce que l'eau qui part du fond pour se rendre sur le piston, & qui se décharge ensuite dans le réservoir (1293) est bien-tôt épuisée quand la pompe refoulante n'agit pas, & qu'on n'a point pris la précaution un moment auparavant d'arrêter la Machine, de fermer le robinet d'injection qui conduit l'eau dans la cuve.

*De quelle
manière
l'eau d'in-
jection sert
au cylindre.*

PLAN. 2.

FIG. 5.

1303. Nous avons dit (1291) que le collet *ac* facilitoit l'évacuation de l'eau d'injection qui tomboit dans le cylindre, pour cela ce collet est raccordé avec un tuyau, ayant deux rameaux inégaux, dont le plus grand *r* f nommée *rampeau d'évacuation* de 2 pouces de diamètre, va aboutir au fond d'une petite *citerne*, dans laquelle se décharge environ les trois quarts de l'eau d'injection. A l'extrémité *t* de ce rameau est une soupape suspendue à un ressort de fer; cette soupape, qui est fermée quand le piston descend, & qui est toujours baignée d'eau, afin que l'air extérieur ne puisse y entrer

est chargée de plomb, de manière que le poids de l'eau, qui remplit le rameau d'évacuation ne puisse lever à chaque injection la soupape, qu'il ne soit aidé par la force de la vapeur.

La citerne dont nous parlons n'est autre chose qu'une cuvette de plomb placée sous l'arcade de la platte-forme, ayant deux tuyaux, l'un servant de *décharge de superficie*, & l'autre de fond; ainsi l'on voit qu'en-dehors du bâtiment, au pied de la platte-forme, l'on peut avoir deux bassins, dont l'un recevra de l'eau froide, provenant du réservoir provisionnel, & l'autre de l'eau chaude, provenant de la citerne.

1304. Pour entendre l'objet du petit rameau *xx*, dont le bout est fermé hermétiquement; il faut considérer la figure 7, qui représente l'alambic & le cylindre vus en face du côté du réservoir provisionnel; l'on y remarquera qu'à ce rameau est adapté un tuyau *y*, qui communique à un autre vertical *z* nommé *tuyau nourricier* de 18 lignes de diamètre, dont une partie trempe dans l'eau de l'alambic jusqu'à 4 ou 5 pouces de fond, & l'autre partie faille de 3 pieds en-dehors: or, l'on sçaura que le quart qui nous reste de l'eau d'injection & qui sort tiède du cylindre, vient remplacer par ce tuyau le déchet que cause la vapeur à l'eau de l'alambic, qui se trouve par-là toujours entrevenu à la même hauteur.

Une partie de l'eau d'injection passe dans l'alambic pour suppléer au déchet que cause la vapeur.
PLAN. 3.
FIG. 7.

1305. Ayant insinué (1299) que la force de la vapeur faisoit monter l'eau bouillante dans les tuyaux *d'épreuves* lorsqu'ils y trempoient, l'on voit que la même cause doit aussi la faire monter dans le tuyau *nourricier*, puisqu'il est ouvert par les deux bouts, aussi s'élève-t-elle au-dessus de la communication *y* jusqu'à un certain point où la vapeur la soutient en équilibre avec le poids de la colonne d'air qui lui est opposé.

1306. L'action de la vapeur ne pouvant pousser de bas en haut le piston avec une force capable de surmonter le poids de la colonne d'air dont il est chargé, sans presser de haut en-bas avec la même force la surface de l'eau qui est tombée dans le fond du cylindre; cette eau est refoulée dans les deux rameaux, de manière que celui d'évacuation en reçoit les trois quarts (1303), & le reste passe dans le nourricier *z* où elle contraind l'eau chaude qui s'y trouve de descendre pour en occuper la place, jusqu'à l'instant qu'une nouvelle opération l'oblige de passer à son tour au fond de l'alambic.

De quelle manière se fait cette opération.

1307. Au petit rameau *xx* est attaché un *godet a*, au fond duquel est une soupape chargée de plomb que l'on ouvre pour introduire de l'eau tiède dans tous les tuyaux dont nous venons de faire mention, afin d'en chasser l'air lorsqu'on commence à faire

L'on peut aussi introduire dans l'alambic de l'eau de la coupe.

FIG. 5. la Machine; cette eau, qui peut aussi couler dans l'alambic, est
& 7. tirée du sommet du cylindre (1293) par un tuyau descendant //, au bas duquel est un robinet.

Détail des 1308. Il nous reste à expliquer le mouvement qui fait agir le
pièces qui régulateur & le robinet d'injection; pour cela il faut examiner
sans jouer la Figure 6, qui est une élévation des parties de la Machine vûes
le régula- du côté du puits, dont plusieurs sont représentées de côté dans
teur. la première Figure, & en plan dans la troisième; ainsi à mesure
PLAN. 3. que nous les citerons, on pourra les reconnoître en suivant les
FIG. 1. lettres semblables qui les désignent.
3. & 6.

L'on voit d'abord deux poteaux A, soutenant un effieu BC, qui enfile les anneaux d'un étrier *abcd*, semblable à celui dont il est fait mention dans l'article 1163, avec cette seule différence qu'il n'est traversé que par un boulon *e*, autour duquel joue une fourche *fg*, dont la queue *h* aboutit à la clef *i* du régulateur (1296).

Au même effieu sont attachés une patte DR à deux griffes qui sont mouvoir l'étrier, deux branches de fer EF, GH, & la tige I d'un poids K, dont la chute produit un effet semblable à celui qui est décrit dans l'article 1164.

Nous avons dit (1284) que la chaîne attachée à l'une des jantes du balancier portoit une coulisse, qui n'est autre chose qu'un chevron pendant L, ayant une fente dans le milieu; cette coulisse qui joue du même sens que le piston, & qui sert à communiquer le mouvement au régulateur & au robinet d'injection, enfile sur le rez-de-chaussée du premier étage un bout du mardrier M qui la maintient toujours verticale en descendant dans un trou N pratiqué au-dessous.

FIG. 1.

De quelle 1309. La fente de la coulisse est traversée d'un boulon P revêtu de cuir, au-dessus duquel vient se rendre par intervalle la
manière le mouvement branche EF; à l'instant que le piston étant parvenu au bas du
se commu- cylindre, le régulateur s'ouvre pour laisser passer la vapeur; alors
nique au ré- le balancier élève la coulisse L, le boulon P fait monter l'extrémité de cette branche, par conséquent tourner l'effieu qui
gulateur. relève le poids K; & pendant ce tems-là l'étrier reste immobile: mais aussi-tôt que le poids a passé la verticale, il imprime en tombant du côté du cylindre une force à griffe D, qui frappe le boulon *e*, & chasse cet étrier en arrière; par conséquent la manivelle *i* qui ferme alors le régulateur.

Quand la coulisse monte & qu'elle entraîne avec elle la branche EF, l'effieu en tournant & la chute du poids, font monter aussi l'autre branche GH; peu après cette coulisse venant à descendre,

une

une *cheville* Q attachée à une de ses faces ramène la branche GH, qui fait tourner l'essieu & relève le poids, qui tombant ensuite de la gauche à la droite, la griffe R pousse en avant l'étrier qui étoit resté immobile pendant la descente de la coulisse; alors la manivelle ouvre le régulateur.

1310. A la *clef* du robinet d'injection g est attachée une *patte d'écrevisse* h, dans laquelle agit une *broche* de fer ab qui frappe par un mouvement de vibration, tantôt d'un sens & tantôt de l'autre, pour ouvrir & fermer le passage de l'eau; cette broche est attachée à l'essieu d'un levier cd, servant de *quene* à un marteau f, échancré par le dessus pour s'accrocher par intervalle dans une *coche* faite à un morceau de bois ei, qui passe au travers d'une fente pratiquée au poteau pendant S qui soutient le levier cd; cette pièce que je nomme *déclit*, est mobile à son extrémité e, autour d'un boulon, & l'autre i est suspendue en l'air par une ficelle attachée au plancher.

Détail des
pièces qui
appartiennent au ro-
binet d'in-
jection.

FIG. 1;
& 6.

1311. Pour juger de la manière dont ces pièces agissent, l'on sçaura qu'à l'une des faces de la coulisse opposée à celle dont nous venons de parler (1309), est aussi attachée une *cheville* T qui soulève le *déclit* lorsque la coulisse est parvenue à sa plus haute élévation; alors le marteau f cessant d'être soutenu, tombe avec violence, le levier cd fait la bascule, & la broche ab agissant en arrière contre la *patte* h ouvre le robinet d'injection; & pendant que l'eau jaillit dans le cylindre, le marteau repose sur un bout de planche horizontale V. Après cette opération la coulisse L descend, & la *cheville* T qui a levé le *déclit* rencontrant en chemin le levier cd, l'oblige de descendre pour relever le marteau & le remettre dans sa première situation; comme cela ne se peut faire sans que la broche ab pousse en avant la *patte* h pour la ramener d'où elle étoit partie, le robinet d'injection se referme jusqu'au moment où la coulisse L remontant de nouveau, recommence la première manœuvre.

Explication
du mouve-
ment qui
fait agir
le robinet
d'injection

1312. Il suit de ce que l'on vient d'exposer, que lorsque la coulisse descend, elle ferme le robinet d'injection, immédiatement après elle ouvre le régulateur dans l'instant qu'elle est parvenue au plus bas; & qu'au contraire, lorsqu'elle est montée au plus haut, le robinet d'injection s'ouvre, & le régulateur se referme. Ainsi ces deux effets, quoique contraires, entretiennent toujours la Machine dans un mouvement régulier, lorsque la chaleur du fourneau est uniforme, & que toutes les autres pièces agissent comme il faut. On remarquera que l'on rend le jeu du régulateur, & celui du ro-

Conclusion
sur le jeu du
régulateur,
& celui du
robinet
d'injection;

binet d'injection, plus ou moins prompt, selon que les chevilles, qui accompagnent la coulisse, sont placées plus ou moins hautes, c'est pourquoi les faces de la coulisse sont percées de plusieurs trous.

*Explication
de la ma-
nœuvre que
l'on exécute
pour com-
mencer à
faire jouer
la Machi-
ne.*

1313. Pour donner le premier mouvement à la Machine, l'on commence par remplir d'eau la chaudière (1301), ensuite on allume le feu, on fait jouer la pompe aspirante, afin de remplir la cuvette d'injection s'il est nécessaire (1302), & on laisse couler l'eau dans la coupe (1293); immédiatement après celui qui dirige la Machine vient voir dans quelle situation est le régulateur, afin de l'ouvrir s'il étoit fermé, ayant la facilité, à l'aide d'une *manivelle*, de donner à l'essieu les mêmes mouvemens que lui imprime la coulisse, la vapeur passe dans le cylindre, en chasse l'air & échauffe l'eau qui est au-dessus du piston, que l'on fait couler dans le godet pour remplir les tuyaux par lesquels se décharge l'eau d'injection. (1307).

Pendant cette manœuvre la Machine reste en repos jusqu'au moment qu'elle même donne le signal pour avertir qu'il est tems de la faire jouer; ce qui se manifeste, lorsque la vapeur ayant acquis assez de force pour ouvrir la soupape qui fermoit sa cheminée, (1300) en sort avec détonation. Aussitôt le Directeur qui attend ce moment, prend de la main droite la queue du marteau (1311) & de la gauche la branche (1309) ferme le régulateur, & un instant après ouvre le robinet d'injection qui fait descendre le piston, ensuite le régulateur s'ouvre de lui-même, & la Machine continue de jouer sans qu'on y touche par l'effet alternatif de la vapeur & de l'eau froide, secondé du poids de l'atmosphère (1282).

*Le mouve-
ment de la
Machine
doit être ré-
glé, de ma-
nière qu'elle
ne pro-
duise que 15
impulsions
par minute.*

1314. Quand le mouvement de la Machine est bien réglé, elle produit ordinairement 15 impulsions dans une minute, & il ne faut pas qu'elle en donne davantage. J'ai observé à celle de Fresnes que le piston mettoit autant de tems à monter qu'à descendre.

*Conjecture
sur la ma-
nière dont
se forme la
vapeur.*

1315. Pour dire un mot de la manière dont se forme la vapeur, il faut considérer que le feu ou la *matière subtile* pénètre le fond de l'alambic, passe au travers ses pores, met les parties de l'eau dans une extrême agitation; & comme cette *matière* ne cherche qu'à s'étendre pour se mouvoir avec plus de liberté, elle s'élève au-dessus de l'eau dont elle entraîne les *parcelles* les plus déliées en une quantité prodigieuse, qui font effort de toutes parts pour s'échapper avec une force qui devient supérieure à celle du poids de l'air; & quand le régulateur vient à s'ouvrir, elle entre avec impétuosité dans le cylindre, pousse le piston devant elle, jusqu'à l'instant où l'injection d'eau froide condense cette vapeur, & anéantit sa

force; alors elle retombe en eau (1282), laisse le cylindre vuide, & donne lieu au poids de l'atmosphère de ramener le piston. Ainsi l'on voit que dans l'espace de deux secondes que dure l'injection, 9 ou 10 pintes d'eau froide (1293) condensent environ 4 muids de vapeur, & que pendant ce tems il s'en forme une assez grande quantité pour relever le piston de nouveau, aussi-tôt que le régulateur lui en laisse la liberté. On se rappellera (1306) que quand cette vapeur entre dans le cylindre, elle resoule l'eau qui se trouve au fond, en fait passer environ sept pintes dans le rameau de décharge, & trois dans l'alambic.

1316. J'ai appris du célèbre Docteur Desaguliers, qui a fait beaucoup d'expériences sur les Machines à Feu, que la force de la vapeur dans le cylindre ne surpassoit jamais d'un dixième la résistance de l'air extérieur, ni n'étoit jamais d'un dixième plus foible; mais entre ces deux proportions, cette force changeant continuellement, selon que le piston est plus ou moins élevé, c'est-à-dire, selon que l'espace est plus ou moins grand.

Expériences de M. Desaguliers sur la force de la vapeur de l'eau bouillante.

1317. Ce Sçavant Physicien prétend aussi que la vapeur de l'eau bouillante est environ quatorze mille fois plus rare que l'eau froide, & qu'alors elle est aussi forte par son ressort que l'air commun, quoique seize fois plus rare.

1318. Pour insinuer de quelle manière l'on doit faire le calcul de cette Machine, il faut considérer que le diamètre du piston étant de 30 pouces (1288), sa superficie sera de $4\frac{1}{2}$ pieds carrés, qu'il faut multiplier par 2205 lb, pesanteur d'une colonne d'air d'un pied carré de base (791), il viendra 10828 lb pour l'action de l'air extérieur sur le piston, par conséquent pour la force de la puissance motrice.

Calcul de la puissance qui fait agir cette Machine.

Les pompes aspirantes élevant ensemble une colonne d'eau de 7 pouces de diamètre (1285) sur 46 toises ou 276 pieds de hauteur, l'on trouvera que cette colonne pèse 5165 lb.

La pompe de la bache faisant monter l'eau à 36 pieds de hauteur (1284) & son diamètre n'étant que de 6 pouces, le poids de la colonne d'eau que resoule son piston se trouve de 495 lb; mais comme le bras du levier de ce piston n'est que les trois cinquièmes de celui de la puissance, il faut réduire ce poids en le multipliant par $\frac{3}{5}$ pour avoir 297 lb, qui étant ajouté à 5165 lb, il viendra 5462 lb, à quoi il faut encore ajouter le poids des attiraux qui répondent au puits & à la bache, que j'estime d'environ 4000 lb, déduction faite de celui du grand piston; ainsi la puissance aura à surmonter une résistance d'environ 9165 lb; & comme cette puis-

sance a été trouvée de 10828 lb, elle sera donc supérieure de 1663 lb au poids qu'elle doit enlever.

La puissance doit être au poids, comme 6 est à 5, pour prévenir tout inconvénient.

1319. Il est à remarquer que cette supériorité de la puissance sur le poids, & qui doit être au moins dans le rapport de 6 à 5, est nécessaire, non-seulement pour rompre l'équilibre, mais encore parce que le piston n'est point chassé tout-à-fait par la pesanteur *absolue* de l'air, puisqu'il fuit & se dérobe en partie à son impression, & que d'ailleurs il ne faut pas compter que quand le piston descend, le cylindre soit entièrement privé d'air grossier, puisque l'eau d'injection en entraîne toujours une certaine quantité, qui se trouvant renfermée dans un plus petit espace, à mesure que le piston descend, pourroit acquérir une force de ressort assez sensible pour lui résister.

Quand la Machine produit 15 impulsions par minute, elle épuise 155 muids d'eau par heure, élevée à 46 toises.

1320. Ayant dit (1314) que la Machine produisoit 15 impulsions par minute, lorsque son mouvement est bien réglé, l'on voit que dans le même tems, elle épuise une colonne d'eau de 15 toises de hauteur sur 7 pouces de diamètre, ou 155 muids d'eau par heure, dont environ 25 pintes montent à chaque impulsion dans la cuvette supérieure, & le reste se décharge dans un petit canal (Fig. 20.) qui la conduit où l'on veut.

Cette Machine produit quatre fois plus d'effet que 50 chevaux dirigés par 20 hommes, appliqués à une Machine ordinaire.

1321. Avant que cette Machine fût établie à Fresnes, il y en avoit une d'une autre espèce, qui agissoit jour & nuit sans discontinuer, & pour laquelle il falloit entretenir 20 hommes & 50 chevaux, au lieu que présentement on épuise en 48 heures toute l'eau que les sources peuvent fournir dans le courant de la semaine, & deux hommes suffisent pour veiller tour à tour au gouvernement de la Machine.

Quelle est la quantité de charbon ou de bois pour l'entretien du fourneau, pendant 24 heures.

1322. Le fourneau consomme en 24 heures deux muids de charbon de terre, chacun contenant environ 14 pieds cubes, ou deux cordes de bois, chacune de 8 pieds de longueur sur 4 de largeur & autant de hauteur.

Conclusion sur l'excellence de cette Machine.

J'ajouterai que dans la description précédente, je me suis écarté en quelques endroits de ce qu'on a suivi à Fresnes, pour exposer les choses, non pas tout-à-fait comme elles ont été exécutées, mais comme elles auroient dû l'être, sans cependant avoir rien changé d'essentiel.

1323. Il faut avouer que voilà la plus merveilleuse de toutes les Machines, & qu'il n'y en a point dont le Mécanisme ait plus de rapport avec celui des animaux. La chaleur est le principe de son mouvement; il se fait dans ses différens tuyaux une circulation, comme celle du sang dans les veines, ayant des valvules qui s'ou-

vrent & se serment à propos; elle se nourrit, s'évacue d'elle-même dans des tems réglés, & tire de son travail tout ce qu'il lui faut pour subsister.

1324. On remarquera que si l'on avoit à élever l'eau d'une source à une hauteur considérable au-dessus de l'horison, dans des tuyaux posés verticalement, ou sur un plan incliné, on pourroit se servir de la même Machine, en disposant des pompes aspirantes & refoulantes, de la maniere la plus convenable à la situation du lieu.

Cette Machine peut aussi servir à élever l'eau aussi haut que l'on voudra au-dessus de l'horison.

1325. Nous avons insinué dans l'article 905 que lorsqu'un fluide faisoit mouvoir des pompes à l'aide d'une Machine où le bras de levier du poids est égal à celui de la puissance, il arrivoit toujours que la superficie du piston, celle d'une des aubes, la chute capable de la vitesse respective du fluide, & la hauteur où l'on veut élever l'eau, composoient quatre termes réciproquement proportionnels. Or pour peu qu'on y fasse attention, l'on verra que cette regle s'appliqueroit naturellement aux Machines à feu, dans le goût des précédentes, si l'on pouvoit faire abstraction du poids des attirails, & qu'il ne fût pas question de la pompe refoulante qui est dans la bache, parce que la superficie du piston qui joue dans le cylindre peut être regardée comme celle d'une aube, & le poids de la colonne d'air, ou celui d'une colonne d'eau de $3\frac{1}{2}$ pieds de hauteur (791) comme la force absolue du fluide, qu'on n'auroit plus qu'à multiplier par $\frac{1}{2}$, pour avoir sa force relative (1319). Alors le produit du carré du diamètre du grand piston par la hauteur réduite de la colonne d'eau, équivalente au poids de l'atmosphère, seroit égal au produit du carré du diamètre du petit piston, qui doit aspirer ou refouler l'eau, par la hauteur où elle doit être élevée. Que si les tourillons, ou le centre de mouvement du balancier n'étoit pas dans le milieu, il faudroit que ces deux produits fussent dans la raison réciproque des bras de levier du grand & du petit piston; mais comme cette formule ne peut être d'aucun usage, puisqu'elle ne renferme point plusieurs circonstances auxquelles il faut avoir égard; cherchons d'en établir une autre plus complete, & ne regardons ce que je viens de dire que comme une Introduction à ce qui suit.

La théorie des Machines à Feu à l'égard du calcul de leurs effets, est la même que celle des pompes mues par un courant.

Il est essentiel d'observer que nous supposons que la valeur de toutes les lignes que nous allons désigner par des lettres, est exprimée en pieds ou fractions de pieds.

1326. Nommant P , le poids du grand piston; D , son diamètre, ou celui du cylindre, & a son bras de levier; p , le poids des attirails qui répondent au petit piston; d , son diamètre, & b , son

Formule générale pour déterminer les

*dimensions
des princi-
pales par-
ties des
Machines
à l'eau.*

bras de levier; h , la hauteur où l'eau doit être élevée; Q , le poids de la colonne d'eau que la pompe de la bache doit refouler, y compris le poids des attirails de son piston; R , son bras de levier; q , le poids de la coulisse, & r , son bras de levier. Cela posé, considérez que $\frac{1}{14} DD$, exprimera la superficie du cercle du grand piston, qui étant multipliée par 2205 lb, pesanteur d'une colonne d'air d'un pied carré de base (791), & le produit par $\frac{1}{2}$, pour n'avoir égard qu'à la force relative de la puissance (1319), l'on aura $\frac{1}{14} DD \times 2205 \text{ lb} \times \frac{1}{2} + P$ ou $\frac{1271}{4} DD + P$, pour l'expression de la puissance, joint au poids du grand piston: multipliant ces deux termes par leur bras de levier (a), & ajoutant au produit celui du poids de la coulisse par son bras de levier, l'on aura $a \times \frac{1271}{4} DD + P + qr$ pour le moment de la puissance.

Présentement, considérez que l'on a aussi $\frac{1}{14} ddh$ pour l'expression du volume de la colonne d'eau que le petit piston doit aspirer ou refouler, dont on aura le poids en le multipliant par 70 lb, pesanteur d'un pied cube d'eau; que si l'on joint à ce produit le poids p des attirails, & qu'on multiplie cette quantité par le bras de levier b , il viendra $b \times \frac{1}{14} ddh \times 70 \text{ lb} + p$, à quoi il faut encore ajouter QR , produit du poids de la colonne d'eau de la bache par son bras de levier, il viendra $b \times \frac{1}{55} ddh + p + QR$ pour le moment du poids, qui donne avec celui de la puissance $a \times \frac{1271}{4} DD + P + qr = b \times \frac{1}{55} ddh + p + QR$, qui est une formule générale, par le moyen de laquelle l'on pourra toujours connoître celle des grandeurs variables que l'on ignorera, moyennant la connoissance des autres; ce qui sera facile, pour peu que l'on ait le calcul familier. A l'égard des frottemens, comme leur résistance dans cette Machine est presque insensible, n'ayant gueres lieu qu'aux tourillons du balancier, dont le rayon est extrêmement petit par rapport au bras de levier de la puissance, j'ai crû devoir les regarder comme nuls, pour ne point rendre cette formule trop composée.

*L'on peut
rendre la
formule
précédente
plus simple
pour les
principaux
cas où l'on*

1327. Pour exposer les principaux cas où l'on peut faire usage de la formule précédente, je considère que des grandeurs qui la composent, il y en a plusieurs qui sont déterminées par la disposition qu'il faudra donner à la Machine: par exemple, l'on connoitra toujours le bras de levier & le poids de la colonne d'eau qu'il faudra élever dans la cuvette d'injection (QR), la position des

rouillons du balancier, par conséquent le rapport des deux parties de sa longueur (a, b), le poids des attirails (p) des pompes aspirantes, dès qu'on sçaura la profondeur du puits, d'où l'on voudra tirer l'eau; la pesanteur du grand piston (P) & de la coulisse (r), qui sont deux termes qu'il convient de supprimer de la formule, pour la rendre plus simple, soit en les soustrayant d'abord du poids des attirails, ou en faire abstraction pour avantager la puissance agissante. D'autre part, comme il est naturel de placer les rouillons dans le milieu du balancier, à moins qu'on ne soit absolument contraint d'en user autrement, pour rendre le bras du levier de la puissance plus grand que celui du poids; il suit qu'en supposant $aP + qr = 0$, & $a = b$, l'on aura $12\frac{1}{2} DD = 55 ddh + p + \frac{Q R}{a}$ pour la formule réduite, dans laquelle il n'y a plus que les grandeurs D, d, h , qui soient sujettes à varier dans les trois cas suivans.

1328. Je suppose qu'il est question d'élever l'eau d'un puits dont on connoît la profondeur, ou de la refouler à une certaine hauteur (h) au-dessus de l'horison (1324), & que l'on a déterminé le diamètre des pompes (d) afin que la Machine puisse fournir une certaine quantité d'eau proportionnée à la levée des pistons, & au nombre des impulsions par minute, & qu'il s'agit de sçavoir le diamètre du cylindre; alors on n'aura qu'à supposer $D = x$, & déga-

ger cette inconnue pour avoir $x = \sqrt{\frac{110 ddh + 4p + \frac{Q R}{a}}{5775}}$.

1329. Si le diamètre du cylindre étoit déterminé, de même que la hauteur où l'on veut faire monter l'eau, soit en la tirant du fond d'un puits, ou en la refoulant sur une éminence, & qu'on voulût connoître le diamètre du piston, il faudra supposer $d = x$, & déga-

ger cette inconnue pour avoir $x = \sqrt{\frac{12\frac{1}{2} DD - p - \frac{Q R}{a}}{55 h}}$.

1330. Enfin, si le diamètre du cylindre étoit encore donné, & celui du piston qui doit aspirer ou refouler l'eau, & qu'on voulût sçavoir à quelle hauteur on pourra la faire monter, il faudra encore supposer $h = x$, & dégager l'inconnue pour avoir

$$\frac{12\frac{1}{2} DD - p - \frac{Q R}{a}}{55 d} = x.$$

1331. Il convient de remarquer que dans le premier cas, lors-

en peut faire usage.

Déterminer le diamètre du cylindre en connoissant celui du piston des pompes, & la hauteur où on veut élever l'eau.

Trouver le diamètre des Pompes en connoissant la hauteur où elles doivent élever l'eau & le diamètre du cylindre.

Le diamètre du cylindre étant donné, & celui des Pompes, connoître la hauteur où l'eau pourra être élevée.

La gran-

*deur du ré-
cipient doit
être propor-
tionnée à la
grosſeur du
cylindre,
afin d'avoir
une quan-
tité de va-
peur ſuffi-
ſante pour
le jeu de la
Machine.*

qu'on ſera obligé de faire le diamètre du cylindre au-deſſus de 30 pouces (1288), il faudra augmenter la capacité du récipient, à proportion de celle du cylindre, afin d'avoir une aſſez grande quantité de vapeur, pour que la Machine puiſſe être capable d'environ 15 impulſions par minute (1328) autrement elle en donneroit moins. A l'égard des accroiſſemens que la capacité du cylindre peut recevoir, je connois des Machines à feu dont le grand piſton a 36 pouces de diamètre, & j'eſtime qu'au beſoin, on peut lui en donner juſqu'à 40, & par conſéquent rendre la Machine capable d'un effet double de celui dont nous avons parlé dans l'article 1321.

*La Machi-
ne de M.
Papin qu'on
appelle ſupé-
rieure à celle de
M. Savery,
peut avoir
ſon uſité,
en la per-
fectionnant.*
PLAN. 4.
FIG. 1.

1332. Quand j'ai inſinué que la Machine de M. Savery étoit beaucoup plus parfaite que celle de M. Papin, je n'ai pas prétendu que cette dernière ne pût être d'aucun uſage, je penſe au contraire, que ſi l'on parvenoit à la faire jouer de façon qu'elle ſe procurât à elle-même, comme la précédente, les différens mouvemens dont elle peut avoir beſoin, l'on pourroit ſ'en ſervir utilement dans bien des occaſions. Car quoique celle de M. Savery ait cet avantage, il ne paroît pas qu'elle puiſſe exercer d'autres fonctions que d'élever l'eau par le moyen des pompes, au lieu que l'objet de M. Papin eſt principalement de faire tourner une roue de Moulin, pour donner le mouvement à des meules, chapeliers, pilons, pompes, &c. dans les endroits où l'on eſt privé d'un courant ou d'une chute d'eau, & où en récompenſe le bois ſe trouve commun; c'eſt pourquoi j'ai crû devoir rapporter ici ſes idées, afin qu'elles contribuent à en faire naître d'autres à ceux qui voudront pouſſer les choſes plus loin.

*Description
de la Ma-
chine de M.
Papin.*

1333. La principale pièce de cette Machine eſt un vaiſſeau A, ayant la figure d'un ſphéroïde, dont l'axe eſt ſuppoſé de 26 pouces, & le diamètre de ſon grand cercle de 20, placé dans un fourneau, de manière que le feu puiſſe l'entourer de toutes parts. Ce vaiſſeau qui eſt de cuivre, & que je nomme Alambic, doit contenir de l'eau juſqu'aux deux tiers que l'on introduit par un tuyau B. A cet alambic eſt adapté un ſyphon CD, qui répond à un cylindre GH de 20 pouces de diamètre ſur autant de hauteur, tenant lieu de corps de pompe, dans lequel joue un piſton de cuivre ST, creux en-dedans, afin de pouvoir flotter ſur l'eau. Ce cylindre qui n'a point de fond, a ſa baſe adaptée avec un tuyau recourbé IKO, qui paſſe au travers le fond d'un autre cylindre MN de 3 pieds de hauteur ſur 23 pouces de diamètre, fermé de toutes parts, pour que l'air extérieur ne puiſſe ſ'y introduire; & l'on

CHAP. III. DES MACHINES MUES PAR L'ACTION DU FEU. 329

l'on remarquera que le même tuyau est accompagné d'un vaisseau Y, évasé par le haut, servant à introduire de l'eau dans le corps de pompe au-dessous du piston ST, sans jamais pouvoir passer au-dessus.

1334. Pour entendre le jeu de cette machine, l'on sçaura qu'à l'endroit E est un robinet que l'on ouvre par intervalle pour laisser passer la vapeur de l'alambic dans la partie supérieure du corps de pompe; là elle presse le piston qui refoule l'eau, laquelle ne pouvant rentrer dans le vaisseau Y, parce qu'elle est arrêtée par une soupape placée à l'endroit R, monte dans le tuyau IKO pour s'aller décharger dans le cylindre MN.

*Explication
du jeu de
cette ma-
chine.*

Aussi-tôt que le piston est parvenu au bas du corps de pompe; l'on ferme le robinet E pour interrompre le passage de la vapeur, & l'on en ouvre un autre P, placé vers le sommet du corps de pompe, par lequel s'évacue celle qui a agi; alors le poids de l'eau dont le vaisseau Y est toujours rempli, ouvrant la soupape qui est au fond, s'introduit de nouveau dans la pompe GH, en faisant monter le piston, sans que l'eau contenue dans le tuyau KO y contribue en rien, parce qu'il y a à l'endroit K une autre soupape qui l'empêche de descendre.

Après que l'eau qui est passé dans le corps de pompe s'est mise en équilibre avec celle du vaisseau Y, on ferme le robinet P, & l'on ouvre l'autre E; alors la vapeur vient de nouveau presser le piston qui refoule, comme en premier lieu, l'eau dans le tuyau KO pour se rendre dans le cylindre MN, où elle ne peut s'introduire, sans surmonter la résistance du ressort de l'air dont elle vient occuper la place; car cet air ne pouvant s'échapper par aucun endroit, augmentera la force de son ressort dans la raison inverse de la diminution de son volume. (813)

Selon les dimensions que M. Papin a donné au cylindre MN, il contiendra 600 lb d'eau, par conséquent 200 lb sur chacun des trois pieds de sa hauteur; ainsi quand il sera rempli jusqu'à la hauteur de 2 pieds, l'air y sera réduit à n'occuper plus que le tiers de l'espace où il étoit renfermé d'abord, & aura acquis une force de ressort capable de soutenir une colonne d'eau de 64 pieds de hauteur au-dessus de sa force ordinaire; alors si l'on ouvre le robinet Q, & que l'eau vienne jaillir contre une surface; au premier instant elle fera une impression équivalente au poids d'une colonne d'eau, qui auroit pour base l'œil de la clef du robinet, & pour hauteur 64 pieds. Il est vrai qu'à mesure que l'eau sortira, elle sera chassée avec moins de vitesse, parce que la force du ressort de

l'air, s'affoiblira à proportion qu'il sera moins resserré ; mais comme suivant M. Papin, il doit toujours y avoir dans le cylindre de l'eau sur la hauteur d'un pied au moins, l'on voit que l'air n'occupera jamais dans sa moindre condensation que les deux tiers de l'espace où il a coutume d'être renfermé, & que dans cet état, sa force sera encore capable de soutenir le poids d'une colonne d'eau de 16 pieds de hauteur au-dessus de celle de 32 pieds qu'il soutient ordinairement.

M. Papin prétend avoir tiré des expériences qu'il a faites, que la force de la vapeur sera capable de pousser le piston ST de bas en haut avec une force équivalente au poids d'une colonne d'eau de 96 pieds de hauteur ; d'où soustrayant la résistance de l'air extérieur, égale au poids d'une colonne de 32 pieds, reste 64 pieds pour la hauteur de celle que le piston pourroit refouler ; ainsi en admettant ses expériences, la force de la vapeur sera capable de contraindre l'air du cylindre MN, à n'occuper plus que le tiers de l'espace qu'il occupoit auparavant, parce que le robinet E étant ouvert, & l'autre P fermé, le piston aura refoulé l'eau dans le cylindre jusqu'aux deux tiers de sa hauteur.

M. Papin prétend encore que lorsque le niveau de l'eau dans le vaisseau Y, sera plus élevé de 8 pouces, que le robinet P, & qu'elle pourra s'introduire dans la pompe par une soupape, dont le diamètre sera de 8 pouces, cette eau remplira la pompe en une seconde de tems ; il ajoute aussi que quand la soupape placée à l'endroit K, aura 6 pouces de diamètre, la force de la vapeur sera passer en moins d'une seconde de tems 200 lb d'eau dans le cylindre MN, d'où il conclut que la pompe pouvant se remplir en une seconde, & se vider dans le même tems, l'opération ne durera pas plus de deux secondes.

Comme la plus grande condensation de l'air dans le cylindre sera capable de soutenir une colonne d'eau de 64 pieds de hauteur, & que lorsqu'il sera soni 200 lb d'eau par le tuyau Q, la force de l'air sera réduite à ne pouvoir plus soutenir qu'une colonne de 16 pieds ; il arrivera que sa force moyenne sera équivalente au poids d'une colonne d'eau qui auroit 40 pieds de hauteur, qui est la force sur laquelle il faut compter pour estimer celle de l'eau qui sortira par le tuyau Q, pour faire tourner la roue qui en recevra l'impression.

Il est bon d'observer que M. Papin compte que l'eau qui sort du cylindre pour faire tourner la roue, pourra être ramené dans le vaisseau Y, de là passer dans le cylindre, pour jaillir sur la roue

comme auparavant, c'est-à-dire qu'elle circulera continuellement, mais il n'en donne pas le moyen.

Pour donner plus de force à la vapeur, M. Papin propose d'introduire dans le corps de pompe au-dessus du piston des fers rouges qui demeureront suspendus dans un tuyau V, fermé par en bas pour empêcher que l'eau n'y entre; ainsi il faut concevoir que ce tuyau est adapté à un trou pratiqué au sommet de la pompe, fermé par un couvercle L, & que le piston est percé pour pouvoir glisser le long de ce tuyau; mais les sujettions que ces fers rouges occasionneraient pour les renouveler fort souvent, me paroissant impraticables, je ne m'y arrêterai pas, & supprimerai tous les avantages que M. Papin croit pouvoir en tirer. Au reste, j'en ai assez dit sur sa machine pour qu'on puisse en faire le parallèle avec celle de M. Savery, qui est le principal objet que je me suis proposé. J'avois aussi dessein de rapporter le moulin à feu de M. Amontons pour faire voir qu'il peut être appliqué bien plus commodément aux machines que ce que propose M. Papin; mais comme ce moulin se trouve bien expliqué dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'année 1699, j'y renvoie ceux qui seront curieux de le connoître, pour ne m'occuper que de ce qui me reste à dire sur les différens moyens de tirer l'eau des Puits fort profonds.

1335. J'ai dit (1285) qu'à cinquante ou soixante toises du puits qui répondoit à la machine à feu exécutée à Fresnes, il y en avoit un autre servant à tirer le charbon de la fosse. On jugera de cette manœuvre en considérant la première Figure de la Planche cinquième, qui représente le profil de la partie supérieure du puits dont nous parlons, au-dessus duquel est une poulie A, portant une chaîne à laquelle est suspendue un sceau, dont la capacité d'environ 6 pieds cubes sert à enlever le charbon. Des chevaux attelés aux limons B, C, d'un arbre vertical DE, font filer la chaîne sur un tambour FG, ayant la Figure d'un cône tronqué, dont le diamètre moyen est de 7 pieds. Quand le sceau est parvenu au sommet du puits, il fait sonner un timbre qui avertit qu'il faut le vider, & aussitôt les chevaux s'arrêtent & le mettent d'eux-mêmes dans une situation opposée pour tourner d'un sens contraire. (728)

1336. Il y a encore un autre puits dans le voisinage de Fresnes servant en même tems à tirer le charbon & à épuiser les eaux d'une fosse ou mine, séparée de la précédente: pour cela, l'essieu de l'arbre tournant DE est accompagné d'une manivelle H, qui communique son mouvement à un volant KIL par le moyen de la chaîne

*Explication
du Puits,
par lequel
on tire le
charbon des
Mines de
Fresnes.*

PLAN. 5.

FIG. 1.

*Les che-
vaux qui
écartent le
charbon,
prennent
aussi en mé-
me tems le*

Tij

*puiser les
eaux de la
Mine.*

FIG. 1.

HI. Ce varlet en s'inclinant à droite & à gauche fait agir les pistons de deux équipages M, N, de plusieurs pompes aspirantes, qui élèvent l'eau sans interruption, en la faisant monter de cuvette en cuvette, comme dans l'article 1285. Toute la différence, c'est qu'ici le poids des attirails se trouvant en équilibre aux extrémités du levier KL, n'oppose qu'une foible résistance à la puissance qui tire d'ailleurs un grand avantage de la longueur de son bras de levier octuple du coude de la manivelle, mais aussi les pompes ne jouent que fort lentement, leurs pistons ne pouvant aspirer qu'une fois à chaque tour de manivelle.

*'Autre ma-
nière de fai-
re mouvoir
des pompes
placées
dans un
Puits.*

PLAN. 5.

FIG. 2.

1337. La seconde figure représente une autre manière de faire agir deux équipages de pompes dans le goûr des précédentes, exécutés proche Valenciennes, pour épuiser les eaux d'une nouvelle mine de charbon. L'on remarquera que la chaîne AB de la manivelle A, fait agir deux varlets BDE, CFG par le moyen de la pièce BC, dont les extrémités jouent autour de deux boulons, & que ces varlets élèvent alternativement tous les pistons de chacun des équipages opposés.

*On peut se
servir de la
force d'un
coursant
pour épuiser
l'eau des
Mines.*

FIG. 3.

1338. Pour épuiser les eaux des mines de cuivre qui sont en Suede, & que l'on ne rencontre qu'à une profondeur extraordinaire, l'on employe en plusieurs endroits de ce Royaume la force des coursants qui se trouvent quelquefois éloignés de plus d'une lieue du puits. L'on aura une idée de ce que l'on pratique dans ce cas, en considérant la troisième Figure, où l'on suppose qu'un courant fait tourner la roue A, à l'essieu de laquelle est une manivelle qui communique le mouvement à un varlet ECF par le moyen d'une bielle pendante CB; ce varlet qui est vertical & qui se meut sur un essieu D, tire alternativement deux chaînes EI, FK, soutenues de distance en distance par des balanciers H, portés sur des chevalets R, comme à la Machine de Marly; ces chaînes tirent à elles alternativement la tête de deux autres varlets IGN, & KML, qui font mouvoir les riges P, Q des pistons qui répondent au puits; ainsi l'on voit qu'il ne s'agit de multiplier les chevalets & balanciers autant qu'il est nécessaire, & que l'axe de la roue peut avoir deux manivelles au lieu d'une, qui feront agir quatre équipages de pompe.

*Manière
de tirer
l'eau des
Puits domes-
tiques
situés au
Château
Dares.*

1339. Pour parler aussi des machines propres à tirer de l'eau des puits domestiques, la quatrième figure en représente une exécutée au Château Dares, à une lieue & demi de Dieppe, autrefois fort considérable par les citations qu'en fait Mezeray. Quoique le puits soit très-profond, on ne laisse pas à l'aide de la machine,

d'en tirer commodément une quantité suffisante d'eau pour la consommation de la Garnison qui est nombreuse en tems de guerre. Cette machine est composée d'un arbre vertical A, ayant au sommet un pignon B, sur lequel une corde fait un double tour; cette corde qui passe sur les poulies qui répondent au puits, porte un grand sceau attaché à chacune de ses extrémités, de manière que quand l'un monte l'autre descend.

PLAN. 5.
FIG. 4.

Pour donner le mouvement au pignon, son arbre est accompagné d'un assemblage de plusieurs pièces de charpente, servant à entretenir six bras de leviers, chacun de 7 $\frac{1}{2}$ pieds de longueur: or comme le rayon du pignon autour duquel s'enroule la corde, n'a que 14 pouces; il suit que la puissance n'est que la sixième partie du poids; ainsi appliquant sur l'étendue d'un pied un homme à chaque levier, dont la force soit estimée de 25 lb, ils pourront ensemble élever 13 picds cubes d'eau; ce qui fait voir qu'au besoin, chaque sceau pourroit contenir un muid & demi d'eau.

1340. La machine représentée par la sixième Figure, remplit le même objet que la précédente, mais d'une manière plus simple, n'étant composée que d'un treuil accompagné de deux manivelles, c'est pourquoi je ne m'y arrête pas, & me contenterai de dire que cette manière de tirer l'eau des puits est fort en usage dans les Pays-bas.

Autre manière plus simple, en usage dans les Pays-bas.

FIG. 6.

1341. Les figures 6, 7 & 8 montrent encore une manière de tirer l'eau d'un puits fort profond, exécuté au Château de Guise. Pour en juger, on sçaura que la margelle du puits élevé de 8 ou 10 pouces au-dessus du rez-de-chaussée, porte un châssis CD, sur lequel sont assemblés quatre poteaux I, dont il y en a deux posés aux endroits G, G, entretenus par le travers K, sur lequel sont deux montans L, L, portant chacun une poulie N de 9 pouces de diamètre. Au milieu de l'entretoise E est une crapaudine d'un arbre tournant F, ayant un pignon H, sur lequel la corde du puits fait un tour, & de-là vient passer sur les deux poulies N, N. Enfin aux extrémités de cette corde sont suspendus des sceaux qui montent & descendent alternativement lorsqu'on fait tourner le pignon H par le moyen du levier M attaché à son arbre.

Description d'une Machine pour le même usage, exécutée au Château de Guise.

PLAN. 5.

FIG. 6.
7. & 8.

Ne voulant rien laisser à désirer sur les différens moyens de tirer l'eau des puits fort profonds, voici encore de nouveaux exemples, dont on pourra faire usage; il est vrai que ce sujet est assez ingrat, mais je sacrifie à son utilité la satisfaction que je pourrais trouver à en traiter d'autres plus susceptibles de réflexions curieuses.

Application du Timpan pour lever l'eau d'un Puits. 1342. La sixième figure de la quatrième planche, représente un puits couvert d'un chapiteau, soutenu par 8 poteaux, posés sur des *Dés* de pierre de taille, dans lesquelles ils sont un peu encastrés. Au-dessus de ce puits est un treuil servant d'essieu à un

PLAN. 4. tambour B de 3 pieds de diametre, sur lequel une corde qui aboutit à deux grands sceaux, fait un tour : à l'une des extrémités de ce treuil est une roue creuse ou *Timpan* A de 13 pieds de diametre sur 30 pouces de largeur, afin que deux hommes y puissent marcher de front, comme on fait dans celle des grues. On a encastré dans la margelle du puits deux pieces de bois F, pour porter les *biais* échancrés en portion de cercle, comme on le voit exprimé dans la quatrième figure, pour recevoir l'eau des sceaux, & la porter dans des auges de pierre D, qui sont couvertes & garnies, chacune d'un robinet E.

Pour qu'un des sceaux G se vuide de lui-même, tandis que l'autre puise, chacun est suspendu par deux tourillons à une anse placée vers le milieu de sa hauteur, de maniere cependant que la partie d'en bas se trouve plus pesante que celle d'en haut, à laquelle on a attaché un demi-cercle de fer, servant à accrocher le sceau aussi-tôt qu'il est arrivé au sommet du puits; cependant comme il est difficile d'agencer le crochet, de maniere qu'il ne se perde beaucoup d'eau quand le sceau commence à s'incliner, il me paroît que le demi-cercle dont nous parlons seroit mieux placé vers son milieu qu'au sommet; on jugera de la différence de ces deux manœuvres, en considérant les figures 2 & 3, qui en expriment l'effet en grand.

La figure 5 est un château d'eau qui montre de quelle maniere l'on peut distribuer les eaux d'une Source aux différens quartiers d'une Ville; mais comme ce sujet appartient au quatrième Chapitre, & que cette figure ne remplit point exactement son objet, je prie le Lecteur d'en faire abstraction, l'ayant donné à graver dans un tems où je n'avois pas sur la distribution des eaux au Public, toutes les connoissances que j'ai acquies depuis.

1343. L'on trouve dans le *Traité d'Architecture de Savor*, la description d'une machine dont on se sert proche d'Angers pour épuiser l'eau des carrieres d'Ardoise; cet Auteur fait un grand cas de cette machine, & il dit *qu'il n'en trouve point de plus aisée ni de plus grande exécution, un cheval tirant d'un puits de 22 toises de profondeur 30 muids d'eau par heure*. Il est surprenant qu'après cet éloge il n'en ait point rapporté le dessein, se contentant d'en donner le Devis, qu'il dit avoir été dressé pour M. le Président Jeannin;

Description de la Machine dont on se sert proche d'Angers pour épuiser l'eau des Carrieres d'Ardoises.

c'est sur ce Devis que j'ai tracé la figure troisième de la sixième planche, dont voici l'explication.

Cette machine est composée d'un rouet horizontal B, dont l'arbre tournant A soutient un limon C de 14 pieds de longueur; ce rouet qui a 12 pieds de diamètre, a sa circonférence accompagnée de 80 dents, qui s'engrènent dans une lanterne verticale F de 7 pieds de diamètre, ayant 40 fuseaux. L'essieu D de cette lanterne a 10 pouces en carré sur 28 pieds de longueur, & sert à faire tourner une douille E de 3 pieds de diamètre sur laquelle filent alternativement les deux cordes qui sont attachées aux sceaux H, dont la première figure représente la disposition, lorsqu'ils sont prêts à s'accrocher pour se vider dans l'auge G.

PLAN. 6.

FIG. 3.

1344. Voici encore une machine si commode pour tirer l'eau d'un puits, exécutée à S. Quentin dans la maison d'un particulier; elle est composée d'un treuil E, ayant dans le milieu une fulée F de 12 pouces de diamètre, sur laquelle la corde qui répond aux deux sceaux G, fait un double tour. Ce treuil est accompagné d'une roue dentée D de 3 pieds de diamètre, qui s'engrène avec une lanterne C d'un pied, dont l'essieu porte une volée B pour entretenir l'uniformité du mouvement que la puissance communique à une manivelle A de 12 pouces de ceude.

Machine pour tirer l'eau d'un puits, exécutée à S. Quentin.

PLAN. 6.

FIG. 4.

Suivant ces dimensions, trois tours de la manivelle en feront faire un à l'essieu, & le sceau montera d'un pied. Quant au rapport de la puissance au poids, l'on voit qu'il est comme 1 à 6; ainsi un homme peut aisément élever deux pieds cubes d'eau. L'on n'a point marqué dans la figure les pièces qui soutiennent cette machine, parce qu'il suffisoit d'en faire voir le mécanisme, & qu'il est aisé de les imaginer.

1345. La seconde figure représente une manière de tirer l'eau des puits, fort en usage en Espagne pour arroser les jardins. Il faut être prévenu qu'en ce Royaume les puits des jardins qui n'ont qu'environ 36 pieds de profondeur, sont de figures elliptiques, le grand axe ayant 12 pieds & le petit 4; qu'il y a une terrasse circulaire de 7 à 8 toises de diamètre sur 4 à 5 pieds de hauteur au-dessus du rez-de-chaussée, revêtue de maçonnerie.

De quelle manière l'on tire en Espagne l'eau des puits pour arroser les jardins.

Au centre de cette terrasse est un arbre tournant C, servant d'essieu à un rouet horizontal A de 12 pieds de diamètre, accompagné de 55 chevilles, tenans lieu de dents, qui s'engrènent avec celles d'un second rouet vertical B, ayant 10 pieds de diamètre, placé dans le puits E; les chevilles de ce dernier ont 14 pouces de longueur, & saillent des deux côtés des jantes, de 7 pouces d'une

PLAN. 6.

FIG. 2.

part pour recevoir l'impression du rouet horizontal, & de 13 de l'autre pour porter un chapelet avec lequel on puise l'eau; ce chapelet qui trempe d'environ 3 pieds dans le puits, est composé de deux grosses cordes faites ordinairement avec du jonc du pays, éloignées de 3 pouces l'une de l'autre sur lesquelles sont attachés par les deux bouts des pots de terre faits exprès, ou des petits barillets de bois d'un pied de hauteur sur 5 pouces de diamètre, éloignés de 6 pouces les uns des autres, qui se vident dans un bac D, d'où l'eau se décharge par une gargouille K pour couler dans un canal L au réservoir de distribution, placé au pied de la terrasse.

Pour faire mouvoir la machine, il y a deux perches FG, HI, chacune de 18 pieds de longueur, attachées au sommet de l'arbre tournant, dont l'une sert pour y atteler un cheval, & l'autre pour le guider.

1346. La sixième figure représente une machine dans le goût de la précédente, mais beaucoup plus commode; elle est composée d'une manivelle A de 12 pieds de coude, accompagnée d'une volée B, & d'une lanterne C de 6 pouces de diamètre, qui s'engraine avec les dents d'une roue verticale D, dont le diamètre est de 4 pieds, sur le plan de laquelle sont placées des chevilles, formant une fusée qui porte un chapelet, dont les barillets F se vident dans une auge E. Comme le dessin en représente assez naturellement la disposition des parties, je ne m'y arrêterai pas davantage.

1347. M. Morel de qui je tiens la machine précédente, en a imaginé une autre, pour élever l'eau avec le secours d'un poids, que l'on voit exprimée par la figure cinquième; il suppose en premier lieu que le poids A qui pèse 800 lb, peut monter jusqu'à la poulie fixe M qui le soutient, & qu'il est accompagné d'une poulie du retour, qui fait que l'action de sa pesanteur ne doit plus être compté que de 400 lb, étant appliqué à un treuil B d'un pied de diamètre, autour duquel doit filer la corde.

Il suppose en second lieu que ce treuil est accompagné de deux roues dentées C, I, chacune de 24 pouces de diamètre, dont la première s'engraine avec une lanterne D aussi de 24 pouces, & que l'essieu de cette lanterne est commun à une fusée F de 3 pieds de diamètre, servant à porter un chapelet qui se décharge dans l'auge P.

Pour monter le poids, M. Morel se sert d'une manivelle F d'un pied de coude, accompagnée d'une volée G & d'une lanterne H de 3 pouces de diamètre, qui s'engraine avec la roue I: or comme

me

me entre la puissance & le poids, il y a quatre bras de levier qui sont, le coude de la manivelle de 12 pouces, le rayon de la lanterne H de $\frac{1}{2}$, celui de la roue I de 12, & celui du treuil B de 6, on voit que le poids sera à la puissance (74), comme 16 est à 1; que par conséquent l'action du poids étant réduite à 400 lb, la puissance ne sera que de 25 lb, qui est la force qu'emploiera un homme appliqué à la manivelle pour relever le poids.

Il est bon de remarquer que tandis que la puissance fait tourner la manivelle F, & le treuil B, le chapelet reste immobile, parce que la roue C, qui est accompagnée d'un ressort comme aux tourne-broches, est séparée du treuil.

Pour estimer la quantité d'eau que les barillets N peuvent contenir depuis la source jusqu'au sommet de la fusée, il faut considérer qu'entre l'action du poids appliqué au treuil & le chapelet, il y a quatre bras de levier; le rayon de la fusée de 18 pouces, celui de la lanterne D de 12, celui de la roue C, aussi de 12, & celui du treuil B de 6: d'où l'on tire que le poids de 400 lb est à celui de l'eau que le chapelet contiendra dans l'état d'équilibre, comme 4 est à 1; ainsi les barillets en montant pourront contenir ensemble 100 lb d'eau, qu'il faudra réduire à 90 lb pour rompre l'équilibre. Quant au produit de ce chapelet, il dépendra de la hauteur où il faudra élever l'eau, en considérant que la roue C & la lanterne D ayant le même diamètre, la vitesse du treuil B sera à celle de la fusée F, comme le rayon du premier est au rayon du second, ou comme 1 est à 3; par conséquent lorsque la corde se déroulera sur la longueur d'un pied, le chapelet en fera trois de chemin.

J'ajouterai que pour entretenir l'uniformité du mouvement, la roue C s'engraine encore avec une lanterne K dont l'essieu est accompagné d'une petite volée L: au reste, je ne rapporte cette machine & les précédentes que pour fournir des idées à ceux qui se trouveront dans le cas d'en faire construire pour le même objet, c'est pourquoi je les ai traités succinctement, n'étant point susceptibles d'une théorie fort intéressante.

1348. Si l'on vouloit tirer l'eau d'un puits pour l'élever beaucoup au-dessus du rez-de-chaussée, l'on pourra la faire monter d'abord par aspiration jusqu'à une certaine hauteur, & la refouler ensuite aussi haut que l'on voudra par le moyen des pompes, dont les pistons répondront à une manivelle attachée à l'essieu d'une lanterne, qui s'engrainera avec un rouet horizontal ^{mu} par des chevaux, comme on fait à l'Hôtel Royal des Invalides, ou par des hommes appliqués à une manivelle simple, qui seront tour-

De quelle manière l'on peut se servir des pompes aspirantes & refouler pour élever l'eau d'un puits à une

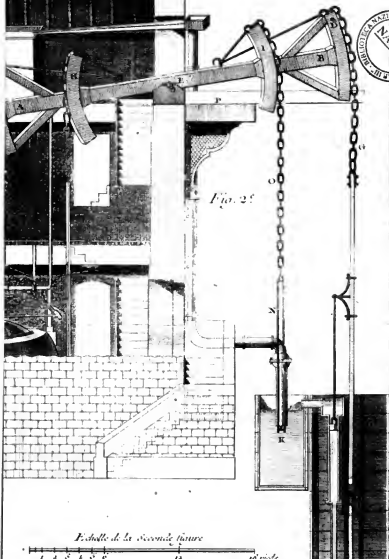
*desur du
rez-de-
chauffée.*

ner celle des pistons, à l'aide d'une roue & d'une lanterne de fer; ce qui sera aisé à exécuter après tout ce que l'on a vu dans le cours de cet Ouvrage, sur la maniere de communiquer le mouvement aux pompes, c'est pourquoi je n'en donne point d'exemple, & finis par ce Chapitre ce que je m'étois proposé de dire sur les machines en général.

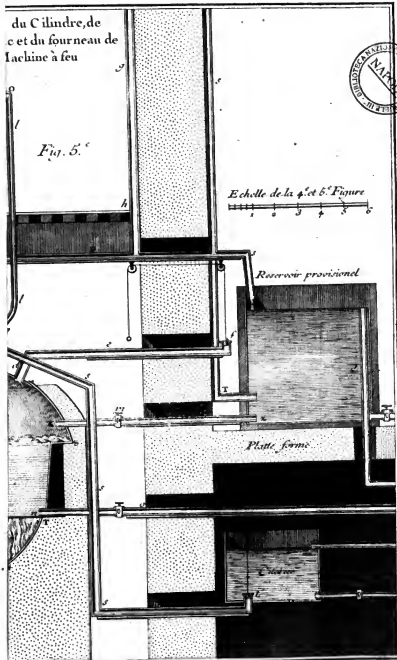
Il me reste à expliquer l'origine des Fontaines, la maniere d'en découvrir les sources, & d'en conduire les eaux, soit par des Tranchées, Aqueducs ou tuyaux de différentes especes; les qualités & fabriques de ces tuyaux; l'emplacement le plus convenable des Regards, Robinets, Ventoules, Reservoirs, Châteaux d'eau & Fontaines publiques: c'est ce que l'on trouvera dans le Chapitre suivant, où je ferai en sorte de ne rien oublier de tout ce qu'il faut sçavoir pour diriger & distribuer judicieusement les eaux dans les grandes Villes; ce que je me propose de traiter avec d'autant plus de soin, que personne n'ayant encore écrit sur un sujet aussi utile, ceux qui sont chargés de la direction des eaux ne sçavent où puiser les connoissances qui leur sont nécessaires..



Deſſin général des principales
parties d'une Machine qui élève
l'eau, par l'action du Feu .



du Cilindre, de
c et du fourneau de
lachine à feu

Fig. 5.^e



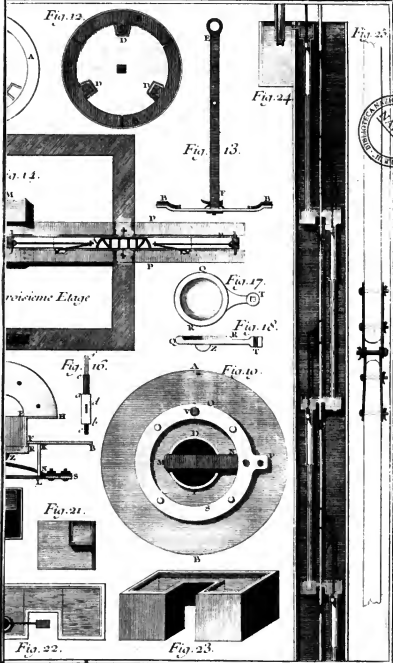
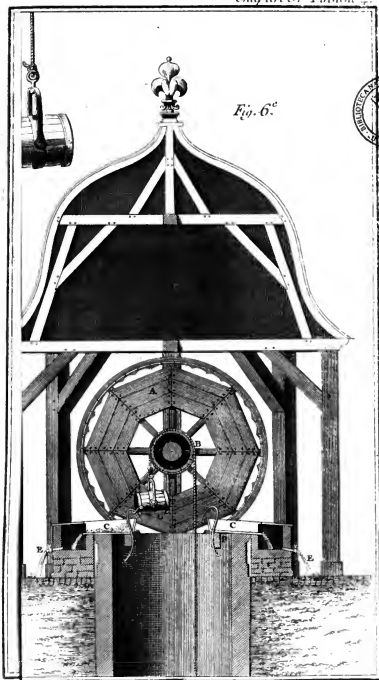
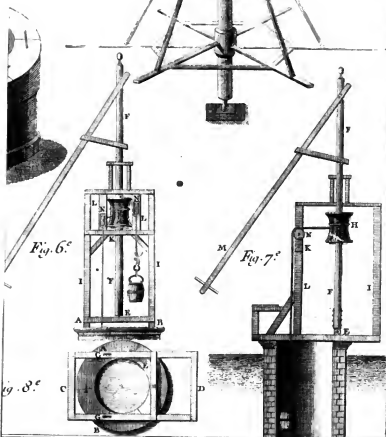
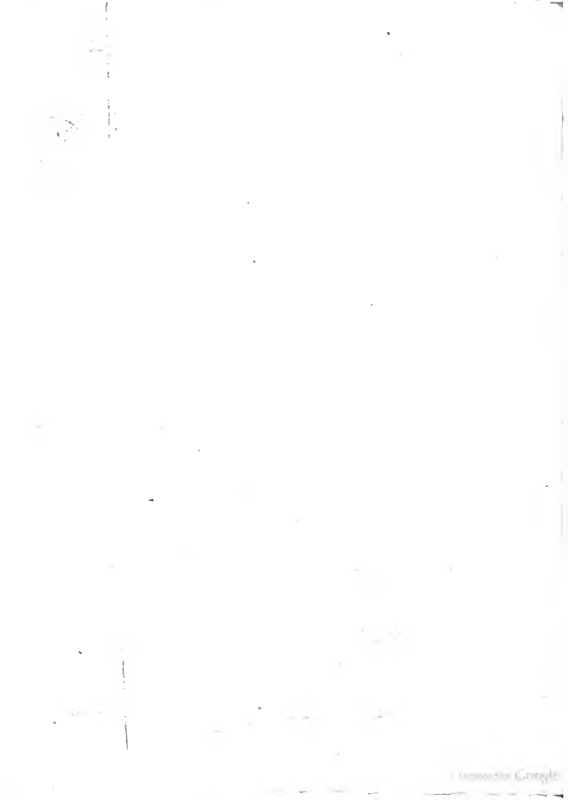


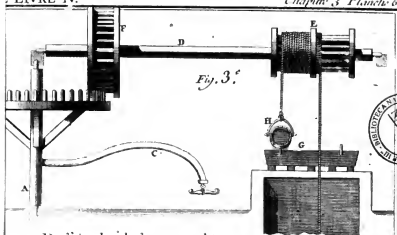
Fig. 6.^e



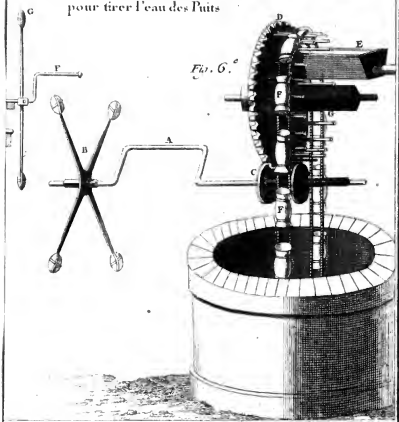
velopements de plusieurs
chines pour tirer l'eau des
ts fort profonds .

Fig. 4^e





Deffins de plusieurs machines
pour tirer l'eau des Puits



CHAPITRE IV.

De la Recherche, Conduite & Distribution des Eaux.

1349. **L**A plupart des Philosophes anciens & modernes ont attribué à diverses causes l'origine des Fontaines; les uns ont crû que l'eau de la Mer couloit dans des canaux souterrains vers les différens endroits où l'on voit des sources, & qu'elle dépositoient en filtrant dans le sein de la terre le sel dont elle est chargée; sans considérer que si cela étoit, les Fontaines seroient toujours dans le même état, puisque la mer leur fourniroit en tout tems une égale quantité d'eau; ce qui n'arrive pas, presque toutes étant sujettes à augmenter & à diminuer.

*Opinions
des Philo-
sophes sur
l'origine des
Fontaines.*

D'autres ont crû qu'il s'élevoit des vapeurs du centre de la terre qui rencontraient vers la surface des grandes cavités en forme de voûtes, s'y attachoient comme au chapiteau d'un alambic, & couloient ensuite vers le bas pour former des fontaines; mais peut-on croire qu'il y ait un assez grand nombre de pareilles cavernes, car il en faudroit à peu près autant que de fontaines; & quand même on voudroit les admettre, il paroît que les vapeurs réduites en gouttes d'eau, devroient retomber perpendiculairement vers l'endroit d'où elles sont parties, ou bien il faudroit nécessairement qu'il y eût au-dessous de ces voûtes un lit continu de terre glaise ou de pierres pour recevoir ces gouttes; & en ce cas, comment les vapeurs auroient-elles pu pénétrer un pareil lit?

Quelques autres, en suivant une opinion à peu près semblable, ont soutenu que l'eau de la mer se rendoit dans des abîmes, que là un feu central la faisoit bouillir & la réduisoit en vapeur, qui s'élevant vers la surface de la terre, étoit condensée par le froid & réduite en eau, qui couloit ensuite dans plusieurs canaux souterrains; à quoi l'on peut encore objecter que si cette opinion avoit quelque vrai-semblance, les fontaines ne diminueroient point dans les tems de sécheresse, & les pluies n'auroient aucune part à leurs accroissemens.

1350. Sans nous arrêter davantage aux différentes opinions qui ont été écrites sur ce sujet, il suffit de dire que le plus grand nombre des Sçavans conviennent aujourd'hui, qu'une partie de l'eau des pluies en tombant sur la terre, forme les torrens, grossit les rivières, & que l'autre partie abreuve, pénètre la surface jusqu'à

*La cause
des fontai-
nes est at-
tribuée avec
beaucoup de
vrai-sem-
blance aux*

*eaux de
pluye, & à
la fonte des
neiges.*

la rencontre des lits continus de glaise ou de pierres qui l'arrêtent; qu'en suite elle force vers l'endroit le plus bas pour se faire un passage, & forme une fontaine, qui est plus ou moins abondante, suivant l'étendue du terrain qui lui fournit l'eau; ce qui est cause qu'il s'en rencontre ordinairement au pied des grandes montagnes.

L'eau des pluyes & la fonte des neiges fourniroient donc celles des fontaines; & pour le prouver, on s'appuye sur l'expérience, qui montre qu'elles grossissent après les pluyes abondantes, diminuent sensiblement, & tarissent quelquefois quand il est un tems considérable sans pleuvoir; d'ailleurs on sçait que dans les Pays chauds on voit peu de fontaines, au lieu que dans les Alpes & les Pyrénées où il pleut & neige très-souvent, on en rencontre à chaque pas.

*Remarques
de M. Mariotte
pour confirmer
cette opi-
non.*

1351. Les fontaines fournissant l'eau des courans, M. Mariotte donne un calcul pour prouver que celle des pluyes qui tombent pendant un an aux environs de la Seine & des autres rivières qu'elle reçoit depuis sa source jusqu'à Paris, est plus que suffisante pour la quantité d'eau qui passe sous le Pont Royal; mais sans entrer dans ce détail, on sçait par les remarques que l'on fait continuellement à l'Observatoire Royal de Paris, que 4 toises quarrées d'ouverture, mesurée de niveau, reçoivent communément une toise cube d'eau pendant le cours d'une année. Ainsi supposant la lieue ordinaire de 2400 toises, la lieue quarrée aura 5760000 toises quarrées, qui étant divisées par 4, donnent 1440000 toises cubes d'eau pour la quantité que les pluyes répandent sur une lieue quarrée. Que si l'on suppose que de cette même quantité les deux tiers se réduisent en vapeur, après avoir arrosé la terre, le tiers qui reste sera plus que suffisant pour entretenir l'eau des fontaines qui pourront se rencontrer dans l'étendue de cette lieue.

*Expérience
de M. le
Maréchal
de Vauban
sur ce sujet.*

1352. Le raisonnement de M. Mariotte semble être confirmé par une expérience de M. le Maréchal de Vauban, qui a fait rapporter sur une Place de grande étendue, dont le terrain étoit ferme & difficile à pénétrer, un lit de terre de 5 ou 6 pieds de hauteur, au bas duquel il s'est formé à la longue une fontaine par la seule filtration des eaux de pluye. Au reste, quoique je panche beaucoup pour cette dernière opinion, je ne prétends point soutenir qu'elle soit l'unique cause de l'origine des fontaines, ne voulant point m'engager dans une dissertation qui appartient plutôt à la Physique qu'à mon sujet.

*Dans quel
tems il faut
faire la re-
cherche des*

1353. Le tems le plus propre pour faire la recherche des eaux souterraines, est dans les mois d'Avril, Septembre & Octobre, parce que si l'on en trouve alors, on est sûr d'en avoir dans les au-

tres saisons; d'ailleurs la terre étant sèche, ses pores sont plus ouverts, & laissent un libre passage aux exhalaisons qui indiquent des veines d'eau.

C'est principalement le long du pied des montagnes qui regardent le Septentrion qu'il faut chercher les sources, & on peut espérer d'en trouver aussi le long de celles qui sont exposées aux vents humides, tels que sont en France ceux qui viennent de l'Occident; sur quoi il est bon de remarquer que les montagnes fort escarpées, fournissent moins d'eau que les autres; & qu'au contraire celles qui ont une pente douce & qui sont couvertes de verdure, renferment d'ordinaire quantité de rameaux dont les eaux sont abondantes, froides & saines, parce que les pluies & la fonte des neiges y en font un grand amas qui se conservent & se filtrent.

Pour découvrir les eaux souterraines, il faut avant le Soleil levé, se coucher sur le ventre, en sorte que la vue s'étende sur l'horizon; si l'on voit une colonne de vapeur s'élever en ondoyant dans un endroit où il n'y a point d'humidité causée par des eaux sauvages, c'est une marque qu'en fouillant on y trouvera de l'eau; & l'on pourra avoir le même sentiment, si l'on aperçoit des tourbillons ou nuées de petits Mouchierons voler près de la terre toujours à la même place.

L'on peut encore, dans les endroits où l'on soupçonne y avoir de l'eau, creuser un petit puits de 3 pieds de diamètre sur 5 ou 6 de profondeur, poser au fond un chaudron renversé, dont l'intérieur soit frotté d'huile, ensuite fermer l'entrée de ce puits de quelques planches couvertes de terre; si le lendemain on trouve des gouttes d'eau attachées au-dedans du chaudron, c'est une marque indubitable que ce lieu comprend des veines d'eau, & pour plus d'assurance, l'on peut mettre sous le chaudron quelques poignées de laine, afin de voir si en la pressant il en sort beaucoup d'eau.

On se sert quelquefois d'une éguille de bois, composée de deux pièces, dont l'une doit être poreuse & facile à s'imbiber, comme l'aune, qu'on place le matin en équilibre sur un pivot ou effieu au-dessus de l'endroit où l'on conjecture qu'il y a de l'eau; alors, s'il s'en trouve effectivement, les vapeurs pénétreront le bout de l'éguille, & la feront incliner vers la terre.

Enfin les signes les plus simples qui indiquent les veines d'eau, sont les Juncs, les Roseaux, le Baume sauvage, l'Argentine, le Lierre terrestre & les autres herbes aquatiques qui croissent dans certains endroits, sans que les eaux sauvages les nourrissent.

13. Voici l'occasion de désabuser les admirateurs du mer-

Vuij

Difcours

sur la ba-
guette di-
vinatoire.

veilleux des prétendues vertus d'une certaine verge fourchue, de bois de coudrier, nommée communément *Baguette divinatoire*, avec laquelle ils prétendent que l'on peut découvrir, non-seulement les sources, mais encore l'or, l'argent & les autres métaux cachés dans le sein de la terre, & même le chemin qu'aura tenu un meurtrier ou un voleur, & le distinguer en quelque endroit qu'il soit, sans avoir d'autres connoissances que celle qu'on tirera des signes que donnera la baguette, qui n'a cette vertu qu'entre les mains des imposteurs ou des gens disposés à tout croire.

Plusieurs Auteurs anciens ont parlé de cette baguette comme d'une merveille, entre-autres Neuhusius, Varron, Agricola, Cicéron, &c. & il y a apparence qu'on a puisé dans leurs écrits les idées chimériques qu'on a eu depuis sur ce sujet. Il n'est pas surprenant que dans le tems du Paganisme où l'on croyoit des choses bien plus ridicules, on ait pu ajouter foi à tout ce qu'on publioit de la baguette : mais dans un siècle aussi éclairé que le nôtre, peut-on excuser des Auteurs graves, tels que les Reverends Peres Schott, Dechalles, Kircher, l'Abbé de Vallemont & tant d'autres, d'en avoir parlé comme d'un fait dont on ne pouvoit raisonnablement douter ?

Jacques Aï-
mar a beau-
coup courri-
sés à don-
ner du cré-
dit à la ba-
guette.

1355. Ce qui a beaucoup contribué à augmenter de nos jours le nombre des partisans de la baguette, ce sont les prodiges que l'on dit qu'elle a opérée entre les mains d'un certain Payfan de S. Verran près de Saint Marcellin en Dauphiné, nommé Jacques Aïmar, qui s'est rendu à Paris en 1693, où il a fait beaucoup de bruit, ayant eu l'art de persuader à un très-grand nombre de personnes, & même de la première considération, qu'il avoit la vertu, moyennant la baguette, prise indifféremment de toutes sortes de bois, de découvrir les sources, les trésors cachés, les voleurs & les assassins. Qu'un jour ayant été la baguette à la main pour chercher de l'eau dans son voisinage, elle s'étoit inclinée subitement en un certain endroit, où ayant fait fouiller, il trouva au lieu d'eau une femme qu'on avoit étranglée; ce qui lui fit présumer, que puisque la baguette tournoit sur les cadavres de ceux qui avoient été assassinés, elle pourroit bien donner quelques signes lorsqu'elle seroit auprès de l'assassin, & il disoit que l'événement avoit confirmé son opinion; qu'ayant suivi le meurtrier à la piste durant plus de 45 lieues sans d'autres guides que la baguette, il l'atteignit enfin à Lyon, & reconnut que c'étoit le mari de cette femme. Que depuis ce tems-là il avoit découvert plusieurs autres meurtriers qu'il savoit distinguer d'avec les innocens, parce que la baguette tour-

noit sur les criminels, en mettant son pied sur l'un des leurs.

On peut bien juger qu'un trait aussi fameux fit beaucoup d'éclat, sans que perſonne ſe mit en peine d'aprofondir la vérité du fait, qui paroît pourtant bien ſimple. Jacques Aimar pouvoit avoir quelque ſouſçon du meurtre, chercher & découvrir naturellement l'endroit où cette femme avoit été enterrée, ſouſçonner le mari, plutôt qu'un autre, parce qu'il s'étoit évadé, le ſuivre ſur des indices dont il ſe fera inſtruit en chemin, le rencontrer au bout de 45 lieues, & tout cela ſans avoir recours au prodige. Or, comme c'eſt ſur l'autorité du digne perſonnage dont nous parlons, que ſe fondent aujourd'hui ceux qui préconifent les vertus de la baguette, l'on ſçaura à quoi ſ'en tenir quand on ſera prévenu du fait ſuivant.

1356. M. Colbert ayant appris les merveilles que Jacques Aimar publioit, voulut que l'Académie des Sciences vît cet homme, & chargea M. l'Abbé Gallois de le produire; l'ayant mené dans la cour de la Bibliothèque du Roy, où l'Académie tenoit alors ſes ſéances, M. l'Abbé Gallois montra à Jacques Aimar, en préſence de l'Assemblée qui étoit aux fenêtres, une bourse pleine de louis d'or que M. Colbert lui avoit remis, lui dit qu'il alloit entrer dans le jardin pour la cacher, & qu'on verroit enſuite s'il la découvroit. Après avoir remué en quelque endroit la terre, il vint rejoindre l'Assemblée, & dit à Jacques Aimar qu'il pouvoit aller chercher dans la platte-bande qui venoit d'être labourée, le fit entrer dans le jardin, où il l'enferma. Quelque tems après on ſit ouvrir la grille; enſuite Jacques Aimar vint ſe plaindre de ce qu'on l'avoit laiffé enfermé ſi long-tems, & dit à l'Assemblée que la bourse étoit au pied du mur, du côté du Cadran. Alors M. l'Abbé Gallois, qui au lieu d'avoir enterré cette bourse, l'avoit adroitement donné à garder à un de ſes amis; avant même que d'entrer dans le jardin, afin d'ôter tout prétexte, la reprit & la montra à Jacques Aimar pour le convaincre de ſon impoſture; ce Charlatan voyant à quelles gen. il avoit affaire, ſe retira pour ne point eſſuyer de plus grands éclairciſſemens, & toute l'Assemblée loua M. Gallois de l'avoir débarraſſé de cet homme, qui eſt retourné dans ſon pays immédiatement après cette aventure.

1357. Quand on eſt une fois épris du merveilleux, ce n'eſt jamais à demi, & il n'y a point d'impertinence qu'on ne ſoit diſpoſé à croire; ce n'étoit point aſſez d'avoir donné à la baguette les magnifiques vertus dont nous venons de faire mention, on a crû qu'il lui en manquoit encore une, & on lui a donné. L'on prétend qu'on peut, avec ſon ſecours, diſtinguer les oſſemens des Saints canonis-

Jacques Aimar eſt pris pour dupe par MM. de l'Académie des Sciences, qui le convainquent de ſon impoſture.

Veruſingulier qu'on prétend qu'a eu la baguette entre les mains d'un ſol de Grenoble.

sés, d'avec ceux qui ne le font pas, & que c'est ainsi que la fille d'un nommé Martin, Marchand de Grenoble, a découvert des Reliques.

*Manière de
tenir la ba-
guette pour
la faire
tourner à
souhait, en
quelqu'en-
droit que ce
soit.*

1358. Sans nous mettre en peine de la constellation sous laquelle il faut être né, pour se servir heureusement de la baguette divine, je crois qu'il n'y a personne qui ne puisse en jouer aussi-bien que Jacques Aimar, lorsqu'on s'y prendra de la manière suivante, que j'ai crû devoir accompagner des principales cérémonies prescrites par les Auteurs, qui ont bien voulu employer leurs veilles à nous donner des instructions sur un sujet aussi intéressant.

Il faut choisir une fourche de Coudrier franc & rouge, le couper d'un seul coup de tranchant environ le 22 Juin, lorsque le Soleil entre dans le signe du Cancer, & s'il se peut, choisir le tems de la pleine Lune, & bien mieux encore un mercredi à l'heure planétaire de Mercure. Il faut, pour bien faire, que les deux branches de la fourche ayent trois ou quatre lignes de diamètre, réduite à 18 ou 20 pouces de longueur, & que la tige en ait 22 ou 23, en sorte que les trois parties de la baguette composent un Y; & pour en faire usage, empoigner les deux branches, de manière que le dedans des mains regarde le Ciel, & les élever à la hauteur des épaules, observant de *maintenir la tige parallèle à l'horizon*. Ensuite l'on marche d'un pas grave & modestement vers le lieu où la baguette doit rendre les oracles; c'est ainsi que Jacques Aimar la tenoit quand il alloit, disoit-il, faire quelques découvertes. Ce qu'il y a de vrai, c'est qu'aussi-tôt qu'on l'aura mise dans cette situation, l'on sentira qu'elle fera effort pour s'incliner, & qu'on sera obligé d'employer toute sa force pour la *maintenir horizontale*, & peut-être n'y parviendra-t'on pas; car aussi-tôt qu'elle sort de cette direction, elle suit la détermination qu'elle a prise, soit vers le ciel ou vers la terre, jusqu'à l'instant où elle a atteint la verticale. C'est un fait que je ne conteste pas: mais il est essentiel de remarquer que comme ce mouvement peut être causé par l'extension des fibres du bois, elle tourne indifféremment dans tous les lieux où se trouve placé celui qui la tient, quoique l'on soit bien sûr qu'il n'y a dans les environs ni sources, ni trésors cachés. Or, comme c'est principalement de la manière de la tenir que dépend sa vertu de tourner ou de ne tourner pas, il arrive que lorsque ceux qui prétendent être en possession de cette merveille aperçoivent dans la campagne des signes purement naturels, qui accompagnent les endroits où il y a ordinairement de l'eau, ils cheminent de ce côté là, & à mesure qu'ils avancent, serrent plus étroitement

tement les branches , alors la baguette s'incline , & ils annoncent avec confiance qu'on n'a qu'à creuser & qu'on trouvera de l'eau , ce que tout autre auroit pû deviner de même.

1359. Si l'on voit que la baguette joue entre les mains de certaines gens , & non pas entre celles des autres , un peu d'exercice de la part de ces derniers les mettra bien-tôt au pair , sur-tout s'ils ont soin d'essayer différentes baguettes pour en rencontrer une dont la grosseur convienne à leurs mains & à leur degré de chaleur , afin que la sève puisse travailler dans les fibres. Ils pourrout même se servir de tout autre bois que celui de coudrier , & parvenir à faire tourner la baguette au grenier comme à la cave , sans qu'il soit nécessaire « que les particules aqueuses & les vapeurs » qui s'exhalent de la terre s'insinuent dans la tige de la branche » fourchue pour en chasser l'air , ou la matière du milieu , *qui selon* » *le Pere Regnault , dans ses Entretiens Physiques , revient sur la tige ,* » lui donne la direction des vapeurs & la fait pencher vers la terre » pour vous avertir qu'il y a sous vos pieds une source d'eau vive , » par la raison , dit-il , qu'ordinairement les branches des arbres qui » sont le long des rivières ou sur le bord des fontaines , penchent » vers l'eau , parce qu'elle leur envoie des particules aqueuses » qui chassent l'air , pénètrent les branches , les chargent , les assai- » sent , joignant leur pesanteur au poids de l'air supérieur , & les » rendent enfin , autant qu'il se peut , parallèles aux petites colonnes » de vapeur qui s'élèvent de la surface de l'eau ; ainsi les vapeurs » qui s'insinuent dans les plantes avec tant de facilité , pénètrent la » baguette & la font pencher. Que si cette baguette n'a pas le mê- » me effet entre les mains de tout le monde , cela vient de ce » qu'une transpiration de corpuscules abondantes , grossières , for- » ties des mains & du corps , & poussées rapidement , peut rom- » pre , écarter le volume ou la colonne des vapeurs qui s'élèvent de » la source , ou tellement boucher les pores & les fibres de la ba- » guette qu'elle soit inaccessible aux vapeurs , & sans l'action des » vapeurs , la baguette ne dira rien.

1360. Pour ne point m'arrêter davantage sur un sujet aussi frivole , l'on peut conclure qu'il en est de la baguette comme de cette fameuse dent d'or , qui a tant fait de bruit en Allemagne. Sur la fin du seizième siècle , un homme de Silésie voulant profiter de la crédulité populaire , annonça un fils âgé de sept ans , que la Nature avoit gratifié d'une dent d'or ; aussi-tôt on vint de toutes parts voir cette merveille , & plusieurs Scavans * crurent qu'un phénomène aussi extraordinaire méritoit bien d'être expliqué par

*Explication
Physique
des vertus
de la ba-
guette , par
le Pere
Regnault ;
Jéjuir.*

*Esfolioire
d'une dent
d'or qui a
fait beau-
coup de
bruit en Al-
lemagne
pendant
plusieurs
années , &
qu'on peut
mettre au
nombre des
merveilles
que l'on dé-
bite sur la
baguette.*
* Dans
les années
1623, 1694

de 1695
les Doc-
teurs Hor-
cius, Rul-
landus, In-
golsteu-
rus, Liba-
rius, ont
écrit l'his-
toire de
cette dent,
& le pre-
mier dit,
qu'elle
avoit été
envoyée
de Dieu
pour la
consola-
tion des
Chrétiens
affligés
alors par
les Turcs.

Il seroit à
souhaiter
qu'on écri-
vis l'his-
toire des
préjugés
vulgaires,
pour faire
revenir le
Public des
erreurs que
cause l'a-
mour du
mervilleux.

Plusieurs
manières
de connoître
les bon-
nes & mau-
vaises qua-
lités de
l'eau.

des dissertations Physiques. La différence des opinions fit naître de grandes disputes selon la coutume, & les écrits étoient déjà fort multipliés, lorsqu'un Orfèvre, sans se mettre en peine du sentiment des Philosophes, voulant en juger par lui-même, découvrit que la dent si vantée ne différoit des autres que par une feuille d'or artistement appliquée. Il semble qu'on auroit dû d'abord sçavoir à quoi s'en tenir; mais point du tout, on commence par faire des Livres, & on se garde bien de soupçonner la vérité du fait. Que d'opinions reçues par la multitude se trouveroient dans le cas de la dent d'or, si elles étoient approfondies!

1361. L'amour que j'ai toujours senti pour la vérité m'a fait désirer depuis long-tems que quelque bonne plume prit la peine de nous donner une histoire des préjugés vulgaires qui en fit voir l'origine, les progrès & les égaremens où ils ont jetés les hommes chez toutes les Nations. Cet ouvrage pourroit être rendu fort amusant, étant susceptible de tous les agrémens de cet heureux stile, avec lequel l'on est sûr d'instruire & de plaire. Après cette digression, qui m'a conduit plus loin que je me l'étois proposé, je reviens à mon sujet, & vais rapporter les signes par lesquels on peut juger des bonnes & mauvaises qualités de l'eau.

1362. La meilleure manière de connoître la bonne qualité de l'eau, suivant Vitruve & M. Perault son Commentateur, est de voir si les personnes qui en boivent ordinairement sont robustes, de bonne couleur, exemptes de fluxions sur les yeux & de maux de jambes. L'on voit en plusieurs Provinces de France & de Savoie, sur tout dans la vallée de Morienne, des Villages entiers, dont les habitans sont incommodés de *goutte*, qui est une grosseur qui leur vient au col, & qu'ils portent jusqu'au tombeau; quelques-uns en ont depuis le menton jusqu'à la poitrine, ce qui les rend extrêmement difformes, & il y en a qui ont la voix si enrouée, qu'on a bien de la peine à les entendre; la commune opinion, qui est aussi celle de Vitruve, est que cette incommodité est causée par la mauvaise qualité des eaux.

Pour connoître la bonté d'une fontaine nouvellement découverte, Vitruve assure que si l'on verse des gouttes de son eau sur de bon cuivre & qu'elle n'y fasse point de tache, c'est une marque qu'elle est bonne à boire, ou bien, si en la faisant bouillir, les légumes y cuisent promptement.

M. Perault dans ses notes, dit aussi que la légèreté de l'eau doit être considérée comme la marque la plus certaine de sa bonté; mais la difficulté est d'en pouvoir juger par la petite différence

qui se rencontre dans la pesanteur de plusieurs eaux de même volume. Il ajoute qu'après plusieurs expériences, on n'en a pas trouvé qui réussissent mieux que la dissolution du savon, parce que celles qui le détrempent aisément & qui deviennent blanches comme du lait, sont plus légères & meilleures que celles dans lesquelles il ne peut se dissoudre qu'en particules blanches qui nagent dedans.

Les sources qui sortent du fond des vallées sont ordinairement pesantes, fâllées, tièdes & peu agréables, à moins qu'elles ne viennent des montagnes : celles que l'on trouve dans la craye ne sont pas non plus de bon goût : celles qui sortent du sable mouvant sont ordinairement bourbeuses & désagréables ; au contraire, celles qui sortent du sable mâle, du gravier & de la pierre rouge, sont abondantes & de fort bonne qualité.

1363. Quand on veut avoir beaucoup d'eau, l'on creuse dans le terrain où l'on soupçonne qu'il y en a, des puisards éloignés les uns des autres de 25 ou 30 pas, on les joint par des tranchées qui reçoivent les transpirations de l'eau & la conduisent vers le lieu où l'on veut qu'elles se rendent. Avant que de commencer ce travail, l'on fait un nivellement, afin de profiter de la pente que le terrain pourra présenter naturellement, ou pour en donner une au fond de la tranchée, observant autant que cela se peut, de côtoyer les montagnes, parce que les eaux qui en proviennent sont abondantes & saines ; mais il faut bien prendre garde en approfondissant, de percer les lits de tuffe ou de glaise qui retiennent l'eau, autrement on pourroit la perdre. Il y a beaucoup de précautions à prendre pour ne point faire d'ouvrages inutiles que je passe sous silence, parce qu'un peu de pratique en apprendra plus que toutes les instructions que je pourrois donner sur ce sujet.

1364. Après avoir creusé la tranchée à une profondeur convenable, donné aux terres un talud proportionné à leurs qualités, réglé la pente de fond, & poussé de distance en distance, à droite & à gauche des rameaux en forme de patte d'oie, pour rassembler le plus d'eau que l'on pourra ; il faut faire une tranchée pour perdre l'eau de chacun de ces puisards, afin d'en pouvoir faire un autre au tour de leur circonférence, avec un corroi de glaise d'environ 2 pieds d'épaisseur ; & ensuite pratiquer un mur de maçonnerie en-dedans, en sorte que l'eau s'élève de ce puisard jusqu'à une hauteur capable d'en sortir par une pierre de même hauteur que celle des autres puisards. Il est bon d'observer qu'il faut une décharge ou tranchée à chaque puisard pour perdre l'eau, sans quoi il ne seroit pas possible de travailler aux pierres. Il faut

Maniere de rassembler les eaux de sources par des tranchées de recherches.

Construction d'un puisard, servant à recevoir & à conduire les eaux de source.

curer ces puisfards deux fois l'année, crainte que les pierres ou tuyaux ne s'engorgent par les limons que l'eau y auroit déposés. L'on étend sur le fond un lit de terre glaise bien battu, ensuite l'on construit une pierre, c'est-à-dire, deux petits murs de pierres posées à sec d'un pied d'épaisseur, sur 18 pouces de hauteur, régnant le long des berges pour former un petit canal de 8 à 9 pouces de largeur vers la naissance de la tranchée qu'on élargit, à mesure que la conduite est plus longue & que les eaux deviennent plus abondantes. Car on n'est point le maître de donner à ce canal autant de largeur que l'on voudroit, parce qu'étant ensuite recouvert avec des dalles ou pierres plates qui doivent avoir sur leur piedroit au moins 3 pouces de portée, on n'est pas toujours à même d'en avoir d'assez larges; ainsi les eaux qui filtrent des berges ne trouvant point d'obstacle, passent par les joints de la pierre & se réunissent dans la conduite. L'on pose sur les dalles des gazons renversés, pour empêcher qu'en recomblant la fouille il ne tombe rien sur le fond. Un bon ouvrier & son manœuvre peuvent faire 7 ou 8 toises de pierre en un jour, s'ils sont bien fournis de matériaux.

*Il faut pres-
crire des
puits à de
distance en
distance
dans le fond
des tran-
chées, pour
purifier
l'eau.*

1365. Il est bon d'observer qu'il faut de 50 toises en 50 toises faire des puisfards, c'est-à-dire des petits puits de 3 pieds de diamètre sur 5 ou 6 de profondeur, mesuré au-dessous du fond de la conduite; ces puits sont destinés à recevoir le sable & le limon que les eaux entraînent avec elles; c'est pourquoi il faut les revêtir de bonne maçonnerie de briques, enveloppée d'un corroi de terre glaise, pour que l'eau ne s'y perde pas, & qu'en étant toujours remplis, elle puisse reprendre son cours dans la pierre suivante.

Ces puisfards sont couverts de platte-formes chargées de terre; & comme ils doivent être curés deux fois l'année, pour en connoître l'emplacement, il convient de les accompagner de bornes aux armes de leurs Propriétaires, & d'avoir un plan exact du chemin que tiendra la conduite.

Il est essentiel de veiller qu'il ne soit creusé aucun puits le long du chemin que suivent les pierres, qui pourroient en détourner les eaux, & qu'on ne fasse aucune plantation dans le voisinage, crainte qu'à la longue les racines ne gagnent jusqu'à la conduite, ne détruisent la pierre, & ne fassent refluer l'eau dans des canaux étrangers.

*Après avoir
posé le ca-
nal de pier-
re ainsi.*

1366. Après avoir traversé le terrain qui fournit de l'eau, l'on se sert de tuyaux pour continuer la conduite jusqu'à l'endroit où l'on veut qu'elle se rende, ce qui peut se faire simplement avec des

tuyaux de bois ou de grés, lorsqu'on ne rencontre en chemin ni fond ni éminence considérable, mais seulement des pentes & des contre-pentes douces, le long desquelles l'eau n'est point assez forcée pour mettre ces sortes de tuyaux en danger de crever, autrement il faudroit en employer de fer coulé pour former le reste de la conduite, ou ne s'en servir qu'aux endroits qui en demandent indispensablement.

1367. Pour faire des tuyaux de bois, on se sert de troncs d'arbres de chêne, d'orme ou d'aulne, les plus longs & les plus gros qu'on peut trouver, en sorte qu'étant percé d'un trou, dont le diamètre soit d'une grandeur convenable à la quantité d'eau qui doit y passer, le tuyau ait au moins un bon pouce d'épaisseur, sans y comprendre l'écorce ni l'aubier. On perce ces troncs d'arbres comme les charrons font les moyeux, en commençant d'abord par un petit diamètre, que l'on augmente ensuite, en se servant d'autres tarières d'un calibre plus fort. Un ouvrier peut percer six toises de bois d'orme ou d'aulne d'un trou de deux pouces de diamètre en un jour, & seulement une toise de bois de chêne.

*loin qu'on
vont les fil-
trations,
l'on cauti-
me la con-
duite avec
des tuyaux.*

*Manière de
se servir des
tuyaux de
bois.*

Pour joindre ensemble les tuyaux de bois, on affine le bout de l'un, & on agrandit le diamètre de l'autre, afin de pouvoir les encastrer ensemble sur une profondeur convenable, comme on le peut voir dans le 1^{er} volume, Livre II. sur la 5^e planche du II. Chapitre. Pour plus de solidité, il convient de frotter l'extrémité de chaque tuyau, qui reçoit celle de l'autre, & pour que l'eau ne se perde pas, on les enduit de mastic à froid, qui est une composition de graisse de mouton battue dans un mortier avec de la farine de brique, tant qu'on puisse en faire des pelottes molles comme de la cire dont se servent les Sculpteurs; & lorsqu'il survient des frous ou fentes par où s'échape l'eau, l'on y chasse des coins de bois, entourés de filasse, enduits du même mastic.

1368. Les meilleurs tuyaux de grés se font à Savigny, près de Beauvais; ils ont ordinairement deux pieds de longueur, & s'emboîtent aussi l'un dans l'autre sur la profondeur de trois pouces; leur calibre est de puis 6 pouces jusqu'à 2. Quand ces tuyaux ont autour de 7 lignes d'épaisseur, ils peuvent résister au poids d'une colonne d'eau de 25 pieds de hauteur.

Pour les assembler, on prend du Ciment passé au tamis ou du Sable fin, ou du mache-fer dépouillé de charbon, que l'on met en égale quantité avec de la poix raffinée & de la poix grasse fondue, & lorsqu'elle commence à bouillir, on la remue fortement, en répandant dessus de la poudre dont nous venons de parler, tant

qu'on voye cette composition filer, comme si c'étoit de la Térébenthine ; on la verse dans un bacquet pour la laisser refroidir, ensuite on la casse par morceaux que l'on fait fondre quand on veut s'en servir ; que si l'on s'aperçoit que le mastic fut trop maigre pour se bien joindre aux tuyaux, il faudroit en le faisant fondre y mêler de la graisse de mouton ou de l'huile de noix. 100 lb de ce mastic coûtent environ douze francs, & il en faut à peu près trois livres pour chaque nœud des tuyaux de 4 pouces de diamètre ; ainsi des autres à proportion de leurs calibres. Ces nœuds se forment avec de la filasse, & il en faut environ 3 lb pour 100 toises des mêmes tuyaux : on s'assure si les nœuds sont bien faits, en détachant à petits coups de marteau le mastic qu'on a employé, afin de voir s'il s'est bien incorporé avec le grès.

Lorsque les tuyaux ont 5 ou 6 pouces de diamètre, & qu'ils sont par conséquent trop gros pour être assemblés avec du mastic à feu, par la difficulté de les échauffer & de faire de bons nœuds : on se sert d'un autre mastic composé de chaux & de farine de ciment, dont on garnit le dedans de la boete & le dessus de la vis, qu'on pousse en tournant de côté & d'autre, tant que leurs bords se touchent & que le ciment regorge ; alors on se sert de celui qui déborde pour en faire un nœud. Il est bien essentiel que cette couronne de mastic soit maniée promptement, & qu'elle soit égale dessous comme dessus ; ensuite on prend un fer chaud, pour aplatisir les extrémités du nœud, & le réduire à rien sur le grès.

Je passe sous silence, qu'avant d'asseoir les tuyaux, il faut aplanir le terrain, afin d'adoucir, le plus qu'il est possible, tout ce qui peut faire obstacle au libre passage de l'eau, observant d'enterrer les tuyaux dans une tranchée assez profonde, pour que la gelée n'y puisse pénétrer. J'ajouterai que de quelque manière qu'on fasse une conduite, on ne doit point remplir la tranchée qu'on n'ait auparavant éprouvé les tuyaux, pour voir s'il ne se rencontre point des défauts par où l'eau pourroit se perdre. Pour cela on bouche la conduite par l'endroit le plus bas, & on lui fait soutenir l'effort d'une colonne d'eau de quelque pieds plus haute que celle qui doit y couler.

*Usage des
tuyaux de
fer.*

1369. Les tuyaux de fer ne sont en usage qu'où depuis 1672. M. Francini s'est avisé le premier d'en faire construire de cette espece, leur longueur est ordinairement de 3 pieds, ils sont accompagnés d'un nombre de brides, à peu près proportionné à leur diamètre. Avant que de joindre un tuyau à l'autre, on examine si les brides n'ont point quelques grains de fer qu'il faudra détacher,

ou quelques irrégularités qui empêcheroient les bords de se joindre immédiatement; c'est pourquoi il convient que les brides se jettent tellement en dehors, qu'il s'en faille environ deux lignes qu'elles ne se touchent, afin de suppléer aux inégalités qui s'opposeroient à leur jonction, qui ne se fait qu'après avoir étendu sur les brides une couche de mortier à froid, qu'on accompagne d'une rondelle de cuir: ensuite l'on se sert de vis & d'écrous composés de bon fer.

1370. Quand le fer coulé est de bonne qualité, comme celui qu'on tire des forges de Normandie, l'on donne aux tuyaux de 4 pouces de diamètre, 4 lignes d'épaisseur; 5 lignes à ceux dont le diamètre est de 6 pouces; & ainsi des autres de 8, de 10, de 12, &c. pouces, dont l'épaisseur croît d'une ligne à mesure que le diamètre augmente de deux pouces. Au reste il faut prendre garde de ne point recevoir ces tuyaux aux forges qu'on ne les aye bien visités, pour voir s'ils ont par tout une égale épaisseur, & s'ils sont exempts de soufflure.

Voici le poids & le prix de la toise courante des tuyaux de différents calibres de la fabrique de Normandie, que je tiens de M. Delespine, Contrôleur de la machine de Marly.

4 pouces de diamètre, pèsent 160 lb, à 125 liv. le millier, ce qui revient à	20 liv.	0 f. la toise.
4 ½ pouces, pèsent 180 lb, au même prix.	22	10 f.
5 pouces, pèsent 230 lb.	28	15
5 ½ pouces, pèsent 250	31	5
6 pouces, pèsent 270	33	15
8 pouc. à 4 vis, pès. 320	40	0 la toise.
8 pouc. à 6 vis, pès. 430	53	15
12 pouc. à 6 vis, pès. 700	87	10
18 pouc. à 8 vis, pès. 1100	137	10

*Epaisseurs
des mêmes
tuyaux.
leur poids,
& leur
prix par
toises, selon
leur diamètre.*

Il y a aussi des Forges en Champagne où l'on fabrique des tuyaux de fer, j'en ai vu de 3 pouces de diamètre à trois vis, qui pesoient 180 lb la toise, & coutoient 125 lb le millier, ce qui revient à 22 liv. 10 f. la toise. Je ne parlerai point présentement des tuyaux de plomb, parce que l'on ne s'en sert pas en pleine campagne, étant d'une grande dépense & trop exposés à être volés. Je réserve de m'étendre sur tout ce qui leur appartient, en parlant de la conduite des eaux dans les Villes. Cependant il est bon d'observer que lorsqu'on est obligé de faire faire un ou plusieurs cou-

des à une conduite de tuyaux de bois, de grès ou de fer, on ne peut se dispenser de se servir d'un tuyau de plomb, auquel l'on donne le contour nécessaire pour former la jonction des autres, par le moyen des rebords & des brides.

1371. De quelque espèce que soient les conduites, il faut les accompagner de regards de distance en distance, pour éprouver les parties qui tiennent ou perdent l'eau; ces regards ne sont autre chose que des petits puits ou cheminées, par lesquels l'on découvre les tuyaux pour mettre l'eau en décharge. On pratique dans le fond un puits perdu pour la recevoir quand on veut mettre une partie de la conduite à sec; c'est pourquoi il convient, lorsque les tuyaux suivent des pentes & contrepentes, de faire les regards dans les lieux les plus bas par préférence aux autres. Nous reprendrons ce sujet par la fuite.

Il faut le long des conduites, pratiquer des regards & des ventouses.

Comme l'air que l'eau entraîne avec elle, cause souvent la rupture des tuyaux, l'on a soin de pratiquer des ventouses dans les endroits éminents pour le laisser échapper; ces ventouses ne sont autre chose qu'un petit tuyau vertical enté sur la conduite, qu'on appuie contre un arbre, un poteau, ou un mur; on la laisse toujours ouverte, & l'on observe seulement de recourber son extrémité pour empêcher qu'aucun ordure ne tombe dedans, & on l'élève de quelque pieds plus haut que le niveau de la destination des eaux. Mais lorsque cette élévation est par trop grande, on se contente de placer le long de la conduite des robinets qu'on ouvre, lorsque les eaux ayant été mises en décharge pour quelque réparation, on veut les faire couler tout de nouveau, & on les ferme l'un après l'autre, à mesure que l'eau y parvient; ainsi l'air est chassé en avant sans pouvoir résister au courant de l'eau, ayant la liberté de s'échapper par les ventouses qui se trouvent ouvertes.

Comme ces robinets ne servent que pour évacuer l'air lorsqu'on veut remplir les tuyaux, & que ce seroit une grande sujétion d'être obligé d'ouvrir ceux qui répondent à la partie du tuyau où l'air que l'eau a entraînée avec elle se trouve cantonné, l'on peut à chaque regard souder sur la conduite un bout de tuyau vertical de 4 à 5 pouces, fermé par une soupape chargée de plomb, pour être en équilibre avec le poids de la colonne d'eau, afin qu'elle ne puisse s'ouvrir que par l'effort dont pourra être capable le ressort de l'air condensé, qui s'échappera par cette ventouse dans des circonstances à peu près semblables à celle de l'article 1298.

1372. Il s'engendre quelquefois des racines dans les tuyaux de conduite, qui proviennent apparemment des graines que l'eau entraîne & dépose dans de petites cavités où il y a de la terre ; ces racines que les Fontainiers nomment *Queue de Renard*, se multiplient si fort par la suite, qu'elles parviennent à remplir la capacité des tuyaux.

Il s'engendre des racines dans les tuyaux, & il s'y forme des pétrifications. Moyens de remédier à ces inconvénients.

Il se forme aussi des pétrifications causées par le limon graveleux que l'eau charie, qui s'arrêtant aux parties saillantes des parois, s'y accrochent & grossissent à force d'addition, jusqu'à boucher entièrement la conduite. J'ai vu des cylindres de 6 pouces de diamètre, composant un corps aussi dur que la pierre, provenant des pétrifications qui s'étoient formées dans la conduite des eaux d'Arcueil, qui étoient réduites à ne pouvoir plus couler que par un diamètre de 9 à 10 lignes.

Les pétrifications naissent ordinairement dans les coudes qu'on est obligé de faire faire aux conduites, parce que l'eau y coulant avec moins de vitesse, elle a plus de tems pour déposer le sable dont elle est chargée. Le seul remède à cet inconvénient est d'adoucir les coudes ou croissans, en leur faisant faire une portion de circonférence qui ait le plus grand rayon qu'il est possible, & d'augmenter la grosseur de la conduite en cet endroit, afin de suppléer aux obstacles qui s'opposent au cours naturel de l'eau.

Lorsqu'on soupçonne qu'il se forme des engorgemens à quelques endroits d'une conduite, l'on peut pour s'en assurer, en attachant au bout d'une double ficelle bien forte un morceau de liège proportionné à la grosseur du tuyau, le lâcher à l'entrée de l'eau, pour voir s'il sortira au premier regard, où ayant porté l'un des bouts de la ficelle, l'on pourra y attacher quelque instrument propre à détourner tout ce qui pourroit former un engorgement. Que s'il se rencontre une pétrification assez forte pour arrêter absolument le morceau de liège, il indiquera au moins l'endroit où il faut remédier, qui sera aisé à distinguer par la longueur de la ficelle qui répond au morceau de liège.

1373. Quand on est obligé de faire passer des tuyaux de conduite par une éminence, beaucoup plus haute que la source, qui contraint pour suivre la pente que doit avoir l'eau, de creuser une tranchée fort profonde; on ne peut guère se dispenser de les loger dans un aqueduc de maçonnerie en façon d'égoût, où l'on puisse manœuvrer commodément. Pour cela il faut que la voûte soit percée de distance en distance par des regards ou che minées, afin d'apercevoir les fautes, sans être obligé de

Il y a des occasions où on ne peut se dispenser de loger les tuyaux dans des aqueducs souterrains.

târonner long-tems en faisant des fouilles considérables.

Les tuyaux doivent être posés sur des tasseaux élevés de deux pieds au-dessus du fond pour la commodité des ouvriers : comme il n'y a pas grand chose à dire sur ces sortes d'aqueducs, qui ne soit commun à tous les ouvrages de maçonnerie qui se font sous terre, je ne m'y arrêterai pas davantage ; j'ajouterai seulement qu'il est nécessaire d'en faire sous les grands chemins pour mettre les tuyaux à l'abry d'être cassés par l'ébranlement des voitures, l'expérience faisant voir que les meilleurs de fer coulé, n'y résistent pas.

L'on peut encore se servir des aqueducs souterrains pour amener l'eau tout naturellement jusqu'à sa destination, sans être obligé de se servir de tuyau, lorsque le terrain le permet : alors on fait un petit canal bien pavé en mortier de ciment dans le fond de l'aqueduc, accompagné de deux banquettes, pour en faire la visite & en faciliter l'écurement.

*Description
de l'aqueduc
d'Arcueil.*

1374. Un des plus beaux aqueducs souterrains que nous ayons en France, est celui d'Arcueil, qui sert à conduire dans une rigole l'eau de plusieurs tranchées de recherches faites en pierres, dans les campagnes de Rungis, Parer, Courin ; cet aqueduc a 7000 toises de longueur ; il est construit en pierres de taille depuis Rungis jusqu'au château d'eau qui est à la porte Saint Jacques ; sa pente est de 6 pouces sur 200 toises, & la rigole est accompagnée de deux banquettes de 18 pouces de largeur, sur lesquelles on peut marcher jusqu'au-dessus du Village d'Arcueil. Sa hauteur, depuis le fond de la rigole jusqu'au-dessous de la clef, est de 6 pieds, excepté en quelques endroits où on a été obligé d'en donner moins pour s'assujettir aux grands chemins sous lesquels il passe.

*Description
de l'aqueduc de Rocquancourt.*

1375. Un autre aqueduc de cette espèce, est celui de Rocquancourt, qui amène l'eau à Versailles ; sa longueur est de 1700 toises, ayant en tout 3 pieds de pente, qui est tout ce qu'on a pu lui en donner. Pour le construire, on a été obligé en plusieurs endroits de faire des fouilles de 14 toises de profondeur ; ce qui en a rendu l'exécution très-difficile ; l'on fit 150 regards sur la longueur de cet aqueduc qui n'étoient point placés à distance égale, mais seulement aux endroits qui pouvoient faciliter le transport des matériaux ; 80 furent revêtus en maçonnerie, & les 70 autres qui ne devoient servir que pendant le travail, furent seulement coffrés en bois, & bouchés ensuite par une maçonnerie en cul de four, & comblés de terre jusqu'au niveau de la campagne.

Cet aqueduc qui a coûté 325000 liv. n'a donné que 6 pouces d'eau depuis 1675 jusqu'en 1678, & quelquefois n'en donnoit que 5, 4, 3, 2, suivant que les sécheresses étoient de plus longue durée; mais en 1685, l'on fit à la tête de cet aqueduc un étang pour dessécher une campagne, appelée *Trou d'Enfer*, & depuis lors il a donné 10 à 12 pouces d'eau; ce qui semble confirmer l'opinion qui attribue aux eaux de pluie l'origine des fontaines.

1376. Lorsqu'on trouve des facilités pour conduire l'eau dans une rigole, & qu'on ne peut se dispenser de la faire passer par des vallons profonds, il faut nécessairement, pour continuer le niveau de pente, soutenir les eaux sur des Aqueducs de maçonnerie élevés par arcades; c'est ainsi qu'en ont usé les Romains pour emmener les bonnes eaux dans les Villes, comme le font voir les vestiges qui restent de leur magnificence, aux environs de Nîmes, d'Arles, de Frejus, &c. & qui n'ont été imités jusqu'ici que par Louis le Grand, qui en a fait construire plusieurs à grands frais, pour conduire des eaux à Versailles & à Marly. On aura une idée de ces aqueducs, en considérant la première Planche, sur laquelle on a développé celui qui a été commencé proche de Mainrenon; l'on voit qu'il est élevé par trois cours d'arcades, dont l'objet est de former en l'air la rigole A, accompagnée de deux banquettes B, C, & d'un parapet de chaque côté, afin de pouvoir parcourir la rigole sans danger, pour l'écurer de tems en tems. Les piles du premier & second étage ont été percées dans le milieu D de leur épaisseur, pour faciliter les communications au tems de la construction de l'ouvrage, & pour servir aussi en cas de réparations. A l'égard du profil de l'aqueduc élevé dans la plaine de *Buë*, que l'on voit marqué sur la même Planche, & qui sert à conduire à Versailles les eaux que l'on tire de la plaine de *Spale*, l'on remarquera qu'il a l'avantage de pouvoir servir en même tems de chaussée aux voitures publiques; je ne m'y arrête pas davantage, parce qu'on en trouvera le devis dans la seconde Partie de cet Ouvrage.

1377. Il est assez difficile de déterminer au juste la pente qu'il convient de donner aux rigoles, selon la quantité d'eau qui doit y couler. Vitruve veut qu'elles aient 6 pouces de pente sur 100 pieds de longueur, ce qui est beaucoup trop, plusieurs expériences faisoient voir que 2 pieds pour 1200 toises suffisoient lorsque la rigole ne fait point de coudes, ou que les retours sont tellement adoucis qu'ils ne peuvent causer une altération fort sensible à la vitesse de l'eau.

Des aqueducs élevés par arcades, entre autres de celui de Mainrenon; & de celui qui est élevé dans la plaine de Buë.

PLAN. 1.

Quelle est la moindre pente que l'on peut donner aux rigoles.

Y y ij

On remarquera en passant, que le canal de l'étang de Trappes dont l'eau fut conduite à Versailles par les soins de M. Picard, n'avoit que 9 pouces de pente par 1000 toises, & que l'eau étant lâchée, mit 4 heures à parcourir 4000 toises; il est vrai qu'elle étoit chassée par une charge de 3 pieds. L'on sçait aussi que l'aqueduc de Rocquancourt, dont nous avons parlé cy-devant, n'a que 3 pieds de pente sur toute sa longueur, qui est 1700 toises; ainsi quand le fond sur lequel coule l'eau n'est point raboteux, l'on peut en toute sûreté suivre pour règle générale, de donner 2 pouces de pente par 100 toises.

L'on pensera peut-être que pour ne point courir les risques de faire couler l'eau trop lentement, il n'y a qu'à lui donner plus de pente que moins; je conviens que quand on n'est gêné par aucune sujétion, ce parti est toujours le plus sage; mais il arrive souvent, lorsqu'on veut conduire l'eau d'un terme à un autre, que la hauteur de leur destination est limitée, & que la possibilité ou l'impossibilité d'un projet dépend précisément de la pente qu'on pourra donner à une rigole ou à un canal. Par exemple, si l'on veut amener les eaux de loin pour établir des fontaines dans une Ville, il est essentiel que le château d'eau où elles arriveront soit le plus élevé qu'il est possible, afin que de là elles puissent arriver dans les quartiers éminens, & même beaucoup au-dessus du rez-de-chaussée pour y ménager des réservoirs provisionels, comme nous le dirons par la suite. L'on peut aussi avoir pour objet de conduire l'eau dans un grand réservoir pour la faire jaillir dans un jardin; & comme la hauteur des jets, dépend nécessairement de celle de leur source, on ne pourra augmenter la pente sans diminuer la hauteur du réservoir; c'est pourquoi il faut, dans ces occasions, se renfermer dans de justes limites.

De la manière de conduire la pente des rigoles.

1378. Les Ouvriers ayant plus de facilité à mener une tranchée de niveau, que lorsqu'ils sont assujettis à se régler sur la pente qu'on veut lui donner, il convient de les faire toujours travailler de niveau, en distribuant la pente par gradin. Je veux dire, que si l'on veut qu'une tranchée ou une rigole eut 2 pouces par 100 toises, il faudroit de 50 toises en 50 toises descendre de 12 lignes, ensuite égaliser le fond pour ne former plus qu'un même plan. Ce n'est pas qu'il n'y ait des aqueducs construits par gradins, entr'autres celui d'Arcueil qui en a de 6 pouces, de 200 toises en 200 toises.

Il est bien essentiel de ne pas confondre l'eau qui coule dans les rigoles d'aqueducs, où peu de pente suffit, avec celle qui

coule renfermée dans des tuyaux; parce que la vitesse de celle-ci, se trouvant fort retardée par les frottemens & les sinuosités, il faut nécessairement avoir égard au nombre des pentes & contre-pentes, depuis la prise d'eau jusques à sa destination, pour y proportionner la charge. Il est difficile d'établir à cet égard des règles déduites de la théorie; c'est pourquoi il faut avoir recours à celles qu'on peut tirer de l'expérience.

Dans le cas où une conduite n'auroit que 100 toises de longueur pour porter les eaux d'un réservoir à un autre; on est dans l'usage de lui donner environ 18 pouces de charge, pour la faire remonter depuis 10 jusques à 20 pieds de hauteur, 24 pouces pour la faire remonter depuis 20 jusques à 30; ainsi de suite, en augmentant de 6 pouces par 10 pieds d'élévation, ce qui peut s'étendre jusques à celles de 60 pieds; après quoi on peut réduire cette augmentation, en ne la faisant que de 4 pouces par 10 pieds. Quant à la distance qui sépare les deux termes, c'est-à-dire, celui d'où part l'eau d'avec celui où elle sera reçue, il faudra, indépendamment des hauteurs où remonte l'eau, avoir aussi égard à cette distance quand elle passera celle de 300 toises, en ajoutant à la charge 3 pouces d'élévation par 100 toises.

*De la maniere de conduire & de diriger les eaux aux
différens quartiers d'une Ville.*

1379. Après avoir emmené dans le voisinage d'une Ville les eaux des sources & des filtrations en aussi grande quantité qu'on aura pû, il faut de là les conduire dans des tuyaux de plomb pour les rassembler toutes, si cela se peut, dans un château d'eau, placé le plus avantageusement qu'il est possible, par rapport à la distribution générale, en sorte que les cuvettes qui la recevront aient autant de hauteur qu'on pourra leur en donner au-dessus du rez-de-chaussée des quartiers éminens. Que si ces eaux arrivent par différentes conduites, il convient que chacune ait sa cuvette particuliere, afin d'en pouvoir faire la jauge séparément, pour connoître de combien elles augmentent ou diminuent, & distinguer celles qui perdront l'eau par les subites altérations qui pourrout leur survenir: au lieu que si plusieurs conduites aboutissoient à une seule, on ne pourroit découvrir les fautes sans des recherches fort pénibles.

*Il convient
de rassem-
bler toutes
les eaux
dans un mê-
me endroit
pour en fai-
re la distribu-
tion gé-
nérale.*

1380. Quand je dis qu'il convient de rassembler toutes les eaux dans un même endroit, on observera que cette maxime ne doit

*Attention
qu'il faut*

*avoir pour
soutenir les
eaux à la
plus grande
hauteur
qu'il est
possible.*

avoir lieu qu'autant que les sources qui les fournissent sont à peu près au même niveau; car s'il y en avoit quelques-unes beaucoup plus élevées que les autres, il faudroit les conduire dans une cuvette particulière, afin de ménager la supériorité de l'eau, pour de ce terme, la faire passer aux fontaines qui pourront se succéder jusqu'aux quartiers les plus éloignés de la distribution générale.

Ces attentions sont d'une grande conséquence, c'est pourquoi avant que d'entamer de pareils ouvrages, il ne faut point épargner les nivellemens, afin de prendre si bien ses mesures, qu'on n'ait pas lieu par la suite de se repentir d'avoir agi avec trop de précipitation.

Si les eaux, au lieu de venir des sources, étoient élevées par une Machine, c'est alors qu'on ne seroit point excusable de négliger de les faire monter aussi haut qu'il convient pour établir des fontaines dans les quartiers éminens, quand bien même ils ne seroient que peu ou point du tout habités, devant moins considérer l'état actuel des choses que celui auxquels elles pourront arriver. Il peut se rencontrer dans une grande Ville qu'un terrain considérable ne soit point bâti, parce que l'eau y manque, & que celle qu'on pourroit tirer des puits est mauvaise, mais qu'il ne tarderoit gueres à l'être, si cet inconvénient ne subsistoit plus.

Un château d'eau destiné à la distribution générale, devant être à peu près le même, soit que les eaux viennent des sources, ou qu'elles soient élevées par des Machines, puisque dans l'un & l'autre cas, les tuyaux montans se dégorgeront toujours dans des cuvettes; je vais donner pour exemple celles du château d'eau de la Machine appliquée au Pont notre-Dame, qui fournit l'eau à presque toutes les fontaines de Paris.

*Description
des cuvettes
du château
d'eau de la
Machine appli-
quée au
Pont notre-
Dame.*

PLAN. 2.
FIG. 1.
& 2.

1381. Nous avons dit (1106, 1111, 1113) en décrivant la Machine du Pont notre-Dame, que les pompes élevoient l'eau à 81 pieds dans quatre tuyaux, & qu'en 1737 on avoit construit deux équipages de relais pour suppléer aux défauts des anciens; ainsi au lieu de 4 tuyaux montans, il y en a à présent six que l'on peut regarder, si l'on veut, comme répondans à autant de conduites particulières qui amèneraient des eaux de sources. Si l'on considère la première & la seconde Figure de la Planche seconde, l'on y verra le plan & le profil des cuvettes dont nous parlons, placées au dernier étage de la Tour qui les élève d'environ 45 pieds au-dessus du rez-de-chaussée du Pont notre-Dame, de là l'eau descend par trois gros tuyaux, qui passant ensuite sous le pavé des

rues, vont se rendre dans la cage des fontaines où ils aboutissent, ensuite remontent verticalement, & se déchargent dans des cuvettes particulières, d'où l'eau redescend par plusieurs tuyaux, qui la distribuent dans différens quartiers, en passant encore sous le pavé.

Pour entrer dans le détail, on sçaura que A, B représentent les tuyaux montans des deux équipages qui répondent à la roue méridionale de la Machine; C, celui de relais: que D, E désignent les tuyaux montans des deux équipages de la roue septentrionale, & F, celui de relais.

Quatre de ces tuyaux se déchargent dans une cuvette de plomb, formée par les faces G G, H H, percées d'un grand nombre de trous I d'un pouce de diamètre, ayant chacun un canon d'un pouce de saillie un peu évasé, servant à mesurer le produit de la Machine, la dépense de chacun étant estimée d'un pouce d'eau, lorsque le sommet est surmonté par la surface de l'eau de la hauteur d'une ligne. Ainsi quand on veut faire la jauge, on ferme un nombre de ces trous avec des chevilles, n'en laissant d'ouverts qu'autant qu'il en faut pour entretenir l'eau à la hauteur que nous venons de dire, alors on compte avoir autant de pouces d'eau qu'il y a de trous, par lesquels elle sort à gueule béc.

Pour calmer la surface de l'eau & en faire plus exactement la jauge, l'on a pratiqué dans le milieu de la cuvette une languette K K, en forme de cloison, soutenue par des liens de fer L; cette languette sert à recevoir le choc de l'eau que les tuyaux montans dégorgent, pour empêcher qu'elle ne vienne en ondoyant, couler par les jauges, vers lesquelles elle ne peut se rendre qu'en partant du fond de l'espace M M, après avoir passé sous la bafe N de la languette: de là elle est reçue dans une seconde cuvette O, d'où elle est distribuée selon la répartition qu'on en veut faire, parce qu'on y a pratiqué plusieurs bassins, dont le pourtour est percé de jauges, comme les précédentes, pour n'y laisser entrer que la quantité d'eau que l'on veut donner aux quartiers qui leur répondent.

1382. Par exemple, des bassinets que l'on voit ici, le premier P reçoit l'eau destinée à un nombre de fontaines publiques, en cheminant par cascade de l'une à l'autre: d'abord elle descend par le tuyau Q pour se rendre dans une première cuvette moins élevée, placée à l'Aport de Paris; de là dans une seconde à la Fontaine des Innocens: de celle-ci dans plusieurs autres, & de ces dernières encore dans d'autres successivement jusqu'aux plus

*Distillation
cette eau a
qui parvient
du château
d'eau du
Pont Notre-
Dame.*

éloignées; par conséquent plus basses que toutes les précédentes;

Le second bassinet R, qui répond au tuyau S, reçoit l'eau destinée pour le quartier S. Antoine & le Marais, dont la première distribution se fait à la Fontaine Sainte Catherine, vis-à-vis les grands Jésuites.

Le troisième bassinet T, qui répond au tuyau V, reçoit celle qui est conduite d'abord à la Fontaine S. Severin, d'où elle est distribuée aux quartiers de S. Jacques, de S. Victor, & du Fauxbourg S. Germain.

Le quatrième bassinet X n'a point encore de tuyaux descendans, étant réservé pour les nouvelles Fontaines qui pourront s'exécuter par la suite.

Enfin le cinquième bassinet Y, beaucoup plus petit que les précédens, reçoit deux pouces d'eau pour l'Hôtel-Dieu.

PLAN. 2. Chaque tuyau descendant se ferme quand on veut, par le moyen
FIG. 1. d'une soupape A, attachée à une tige B, dont une partie taillée
2. & 9. en vis joue dans un écrou C, lié à un support D; ainsi on leve ou

baisse cette soupape en faisant tourner la clef E; par ce moyen on interrompt la descente de l'eau, lorsque pour quelque réparation l'on est obligé de mettre une conduite en décharge. Pour empêcher que l'eau n'entraîne des ordures avec elle, l'entrée de chaque tuyau descendant est couverte d'une cloche de laiton, composée de deux pièces assemblées à charnières, percées de trous, comme le représente en grand la Figure 9. Cette cloche n'empêche pas qu'on ne leve ou baisse la soupape.

A l'endroit Z est un tuyau de décharge de superficie, qui conduit à la rivière le superflu de l'eau, lorsqu'il arrive qu'on est obligé de fermer un ou deux tuyaux descendans, qui peut aussi servir de décharge de fond, parce que le bord de ce tuyau sur lequel est soudé un boisseau, reçoit une espèce d'entonnoir, qui surmonte d'un pouce le niveau ordinaire de l'eau, & qu'on supprime quand on veut mettre les cuvettes à sec.

*Explication
des couver-
tes particu-
lières qui
servent aux fontai-
nes publi-
ques.*

1383. Pour donner aussi une idée de la disposition des cuvettes particulières qui reçoivent & distribuent les eaux aux fontaines & aux concessionnaires, c'est-à-dire, aux particuliers qui ont droit d'en avoir chez eux, soit par prérogative ou par acquisition, je donnerai d'abord pour exemple la cuvette de la fontaine Sainte Catherine, dont nous venons de faire mention.

La figure que l'on donne aux cuvettes des fontaines publiques est arbitraire, & dépend presque toujours des sujétions qui viennent de la part du lieu où elles sont placées; cependant lorsqu'on
peut

peut jouir d'un certain espace, il faut éviter de les adosser contre un mur, étant bien plus commodes quand elles sont isolées. Alors on leur donne la forme d'un carré ou d'un polygone régulier, comme par exemple la cuvette de la fontaine Sainte Catherine, qui est faite en pentagone, dont le profil, le plan & l'élévation vus en perspective, sont représentés par les figures 3, 4 & 5 que je vais expliquer.

Je ne m'arrête pas à décrire la disposition de la ferrure qui soutient cette cuvette à hauteur d'appui, & me contenterai de faire remarquer, que d'abord le tuyau montant A qui vient des pompes Notre-Dame, se dégorge à gueule bée dans une cassette circulaire BC, au milieu de laquelle est une languette D, pour calmer le mouvement de l'eau (1381) qui, coulant par les jauges, dont le pourtour de la surface de la cassette est percée, vient se rendre dans la cuvette EF où son mouvement est encore calmé par une autre languette G. De-là elle est distribuée par des jauges de différentes grandeurs dans tous les bassinets compris entre les surfaces EF & HI, ayant chacun un tuyau au fond qui la conduit à sa destination.

PLAN. 2.

FIG. 3.

4. & 5.

Par exemple, un de ces bassinets reçoit l'eau qui doit se dépenser à la Fontaine Sainte-Catherine; d'autres celle qui entretient les Fontaines du Marais & du Fauxbourg S. Antoine, & tous les autres bassinets en font la répartition aux Communautés Religieuses & maisons auxquelles il en est dû en plus ou moins grande quantité. Ainsi il faut concevoir que les tuyaux qui la reçoivent, après être descendu jusqu'en bas, se séparent & vont se rendre en passant sous le pavé dans les endroits où ils doivent aboutir.

L'eau qui part d'une fontaine pour en entretenir une autre, arrive de même dans cette seconde par un tuyau montant, qui se décharge aussi dans une cuvette, distribuée comme celle dont nous venons de parler pour en repartir à des concessionnaires, & même à d'autres fontaines qui peuvent devenir à leur tour les nourrices des plus éloignées de la source; c'est ainsi que l'eau peut se répandre dans tous les quartiers d'une Ville.

1384. Selon ce que nous venons d'expliquer, l'on voit que chaque fontaine a un bassinet particulier, recevant l'eau qui lui est propre. Or, l'on sçaura que le tuyau qui est adapté à ce bassinet, ne la conduit pas tout de suite à l'endroit où le Public la reçoit, mais dans un réservoir de plomb, placé de quelques pieds au-dessus du rez-de-chaussée de la cage de la fontaine, où elle est économiisée pour ne couler que lorsqu'on la veut recevoir: ce reser-

L'eau de chaque fontaine doit être reçue dans un réservoir, avant sa sortie pour le Public.

voir contient plus ou moins de muids d'eau, selon la capacité qu'on peut lui donner, eu égard à la place où il est renfermé.

De quelle mani. rel'on fait jaillir quand on veut l'eau d'une Fontaine pour la recevoir end. hors de la cage.

PL. N. 3.
FIG. 1.

1385. On jugera mieux de la situation & de l'objet de ce réservoir, en considérant la première figure de la troisième planche, qui représente une partie de l'intérieur de la cage de la fontaine Sainte Catherine, qui montre que le réservoir ABC, composé de tables de plomb, soutenues par des barres de fer, reçoit continuellement l'eau du tuyau descendant EF, répondant au bassinnet de la même fontaine. L'on remarquera qu'au fond de ce réservoir est adapté en deux endroits un tuyau GH, servant en même tems de décharge de fond, lorsqu'on veut avoir de l'eau; & de décharge de superficie quand le réservoir se trouve plein, parce qu'à l'endroit I est une soupape suspendue à l'extrémité K d'une bascule KL, portée sur une potence M, ayant à l'autre extrémité L une verge de fer LN, qui aboutit à un tourniquet NOP, soutenu par une potence R. Or comme ce tourniquet est lié avec un bouton PQ, nommé *Clef* de la fontaine, dont le bouton S faille ordinairement de 4 ou 5 pouces; quand la soupape est fermée, il arrive qu'en poussant avec la main ce bouton, le tourniquet fait un mouvement qui contraint l'extrémité L de la bascule de descendre & l'autre K de monter, en ouvrant la soupape qui laisse à l'eau la liberté de couler dans le tuyau qui aboutit à la langue du masque T; mais aussi-tôt que l'on vient à lâcher la clef, la soupape se referme, en faisant saire à la bascule & au tourniquet un mouvement contraire au précédent, qui remet la clef dans sa première situation.

Disposition de la décharge de superficie.

1386. Quant à la décharge de superficie, l'on remarquera qu'à l'endroit V, le tuyau GH est adapté avec un boisseau, dont le rebord est soudé sur le fond du réservoir, & que dans ce boisseau se loge un vase ou entonnoir attaché au tuyau XV, dont le sommet qui est accompagné d'un collet, est de 4 ou 5 pouces plus bas que le bord supérieur du réservoir, qui venant à s'emplir pendant la nuit, le superflu de l'eau entre dans le tuyau, sort par la langue du masque, & se répand dehors pour nettoyer les rues, & le matin la fontaine se trouve avoir une grande provision d'eau pour fournir abondamment le Public.

Lorsqu'on veut mettre le réservoir à sec, l'on commence par boucher les jauges qui répondent au bassinnet de la fontaine, ensuite on leve le tuyau XV pour séparer le vase de son boisseau, aussi-tôt toute l'eau coule par le tuyau GH sans interrompre en rien le cours de celle qui est distribuée aux autres Fontaines & aux concessionnaires.

Si l'on considère la figure 4, l'on y verra que AB représente le bord du boisseau CD dont nous venons de parler, & que EGF exprime le vase qui s'ajuste dedans, accompagné de la partie H du tuyau auquel il aboutit. A l'égard de la soupape qui facilite la décharge du fond, la figure 5 en représente le plan & le profil lorsqu'elle est ouverte.

PLAN. 3.
FIG. 4.
& 5.

1387. Je n'entre point dans le détail des tuyaux que l'on voit exprimés sur la première figure, je ferai seulement remarquer que pour faciliter l'entrée de celui qui conduit l'eau dans la cuvette, & la sortie de ceux qui la distribuent; l'on pratique au-dessous du rez-de-chaussée Y de la cage, un caveau, qui aboutit à un acqueduc Z assez large pour que les tuyaux puissent être séparés les uns des autres sans se croiser, & les pouvoir mettre aisément en décharge dans le puitsard voisin par le moyen des caniveaux, rigoles ou conduites qui les reçoivent. Il est bon qu'on sache, que lorsque Messieurs de la Ville de Paris accordent de l'eau à quelque particulier, ils ne s'engagent de la conduire que jusques dans le fond de ce regard, les concessionnaires étant chargés du reste; ce qui est une fort bonne maxime pour éviter les loins & les embarras immenses dont ces Messieurs seroient inquiétés s'ils en usoient autrement.

De quelle
manière les
tuyaux des-
cendants se
partagent à
la sortie de
la fontaine.

1388. Lorsque dans une grande Ville il passe une rivière, dont on veut élever l'eau pour la répandre abondamment dans tous les quartiers, il convient d'avoir deux machines placées le plus avantageusement qu'il est possible pour les faire agir ensemble, ou qu'au moins l'une puisse servir au défaut de l'autre. Alors il importe extrêmement de disposer les conduites de façon, que les fontaines qui recevront l'eau d'une des machines, puissent aussi dans l'occasion, en fournir aux fontaines qui seront entretenues par l'autre machine, & réciproquement.

Dans les
grandes
Villes, il
faut, lorsqu'on veut
élever l'eau
d'une ri-
vière, avoir
deux Ma-
chines sepa-
rées, dont
l'une puisse
agir au dé-
faut de
l'autre, &
que les fon-
taines puis-
sent d'au-
tre part ré-
ciproque-
ment.

De même si l'on n'avoit des eaux de sources que pour entretenir un petit nombre de fontaines, & que pour suppléer à celles qu'on voudroit avoir de plus, l'on fit construire une machine, il faudroit encore prendre des justes mesures pour que les eaux de sources puissent passer aux fontaines qui seroient ordinairement entretenues par des eaux de rivières, & que ces dernières puissent passer de même aux précédentes. Par cette sage économie, l'on aura de l'eau de source dans tous les quartiers, lorsque le mouvement des machines sera interrompu par la gelée ou les crues d'eau, & l'on aura par tout de l'eau de rivière, lorsque dans le tems des grandes sécheresses, les sources seront considérablement altérées. Il est

vrai que toutes les fontaines ne seront point aussi abondantes que de coutume ; mais c'est toujours un grand objet d'empêcher que l'eau n'y manque jamais ; voila le cas où il importe extrêmement de faire les réservoirs des fontaines les plus grands qu'il est possible , afin de ménager l'eau pendant la nuit & dans les heures du jour où l'on en fait une moins grande consommation.

Plusieurs
Fontaines
à Paris re-
çoivent im-
médiate-
ment de
l'eau de
source & de
l'eau de ri-
vière.
Description
d'une cu-
vette pro-
pre à cet
usage.

PL. AN. 2.

FIG. 6.

& 7.

FIG. 8.

1389. C'est ainsi qu'à Paris l'on a plusieurs Fontaines qui reçoivent indifféremment l'eau de la rivière & celle des sources d'Arcueil ; & pour montrer de quelle manière les cuvettes doivent être distribuées en pareil cas , je vais rapporter pour exemple celle de la fontaine de la rue des Cordeliers , comme une des mieux entendue.

Les figures 6 & 7 représentent le profil & le plan de cette cuvette , partagée en deux parties égales & semblables ABCDE & EFGHA , qui sont séparées par une plaque AE , servant de cloison ; ainsi chacune peut être regardée comme une cuvette particulière , dont les distributions sont les mêmes ; la première reçoit des eaux de sources , venant de la fontaine Saint Michel , & la seconde en reçoit de la rivière provenant de la fontaine Saint Severin.

Pour ne m'arrêter qu'à la seconde cuvette , dont la huitième figure représente l'élévation en perspective , on remarquera que les eaux qui sortent du tuyau I , sont d'abord calmées par une languette KLM , au-dessous de laquelle elle passe pour venir couler par les jauges pratiquées dans la face NOP ; ensuite elle rencontre encore une seconde languette QRS qui la calme de nouveau avant que de se répandre dans les bassins qui comprennent l'espace TFGHXV , d'où elle est distribuée comme à l'ordinaire.

Pour ne point multiplier les tuyaux descendans , l'on sçaura que chacun répond par une source au bassin qui lui appartient dans chacune des cuvettes ; ainsi l'eau de source & celle de rivière coulent dans les mêmes tuyaux pour se rendre chez les concessionnaires , & aux fontaines que celle-ci entretient . Par cet arrangement il suffit d'avoir deux tuyaux montans , l'un pour des eaux de sources , & l'autre pour celles de rivière , dont les conduites peuvent servir au défaut l'un de l'autre , & même ensemble , lorsque pour éteindre un incendie , l'on veut faire passer dans un quartier le plus d'eau qu'il est possible.

Précau-
tions qu'il
faut pren-

1390. Quand on veut établir des fontaines publiques , il faut bien prendre ses mesures pour les situer avantageusement , choisir les endroits les plus élevés & qui aboutissent à de grandes rues ,

afin qu'elles puissent être lavées par le superflu de l'eau , & que les conduites qui partiront de ces Fontaines pour fournir à d'autres, suivent des pentes qui en facilitent la décharge lorsqu'il faudra les vider.

dre pour servir avant-temps les fontaines publiques.

Il faut surtout chose que la cage des fontaines soit commode, que la cuvette de distribution soit isolée de même que les tuyaux, pour que les ouvriers puissent passer autour des tuyaux , & les réparer sans faire aucune dégradation ; au lieu que faute de cette précaution , il arrive souvent que pour en rétablir un qui se trouve couvert par d'autres, l'on est obligé de couper ces derniers, par conséquent de multiplier l'ouvrage , & d'interrompre pendant quelque tems le cours de l'eau dans les endroits où ils la portent. Il convient aussi lorsque les cuvettes sont fort élevées d'en soulager le fond, en soutenant le poids des tuyaux descendans par des attaches posés de 10 pieds en 10 pieds.

1391. Il n'est pas moins essentiel de faire les cuvettes solides & d'une belle grandeur, afin que les distributions en soient commodés ; car il est bon d'observer qu'indépendamment des bassinets dans lesquels l'eau coule journellement, il doit y en avoir encore d'autres vacans pour s'en servir au besoin ; c'est pourquoi, lorsqu'on construit une cuvette, on ne sçauroit la faire trop grande, afin d'y ménager beaucoup de bassinets pour de nouvelles concessions.

De quelle manière les cuvettes des fontaines doivent être construites pour distribuer commodément l'eau.

Lorsqu'une fontaine doit entretenir plusieurs autres , il faut faire d'une raisonnable grandeur les bassinets qui doivent recevoir l'eau qui leur est destinée , & percer dans leur languettes plusieurs trous , indépendamment de ceux qui en détermineront la jauge , mais que l'on tiendra fermés pour s'en servir seulement dans les occasions où il faudra envoyer à ces fontaines autant d'eau que leurs conduites pourront en soutenir , soit dans un cas d'incendie , ou dans la vue d'établir par la suite des fontaines plus éloignées qui recevroient leurs eaux précédentes.

Il faut que les languettes dans lesquelles les jauges seront pratiquées, soient faites de cuivre & non pas de plomb , pour éviter les inconvéniens qui en peuvent résulter, dont le principal est que les jauges percées dans des languettes de plomb peuvent être aisément agrandies par des ouvriers ou autres personnes qui auroient intérêt de faire passer chez des concessionnaires plus d'eau qu'il ne leur en est dû ; une jauge de 16 lignes pouvant devenir capable d'une dépense de 20 & de 25 , sans que l'on s'en aperçoive , au lieu que ces malversations ne sont pas si aisées à commettre sur le cuivre.

Quant à la hauteur qu'il convient de donner aux parties d'une cuvette, il faut que le tuyau montant en excède le fond de 14 pouces que la languette, pour calmer l'impétuosité de l'eau, ait 10 pouces au-dessus du même fond, & que celle des jauges en ait 8.

Il ne faut jamais envoyer l'eau d'une cuvette publique à une autre que par des jauges, que l'on puisse fermer lorsqu'il y aura des rétablissmens à faire sur la conduite, observant de raccorder la superficie des mêmes cuvettes aux tuyaux qui donnent l'eau au Public, afin que dans le tems qu'on sera obligé d'interrompre une ou plusieurs conduites, l'eau qui y doit couler se rende dans le réservoir.

A l'égard de la manière de situer les jauges par rapport au niveau de l'eau qui regnera dans la cuvette, pour en faire une répartition judicieuse aux concessionnaires; je vais faire en sorte de traiter ce sujet avec le plus de précision qu'il me sera possible, étant d'une extrême conséquence: mais comme il dépend de plusieurs circonstances qui paroissent n'avoir point encore été bien développées, il convient pour plus d'éclaircissmens de reprendre les choses d'un peu loin.

*Dissertation
sur le ponce
d'eau des
Fontainiers.*

1392. Quoique j'aie dit dans l'article 342 que le ponce d'eau valoit 14 pintes, chacune pesant 2 lb de 16 onces écoulées dans une minute; je crois devoir faire remarquer que cette mesure a été jusqu'ici fort équivoque, les fontainiers n'ayant point eu égard ni au tems de l'écoulement ni à la quantité d'eau écoulée; ils sont seulement convenus d'appeler ponce d'eau la dépense qui se feroit à gueule bée par un trou d'un ponce de diamètre, pratiqué dans une surface verticale, sans se mettre beaucoup en peine à quelle hauteur le niveau de l'eau devoit être entretenu au-dessus du bord supérieur de l'orifice. Ainsi lorsqu'ils veulent jauger la dépense d'une source, ils percent un ais de plusieurs trous d'un ponce de diamètre, dont les centres se trouvent sur une ligne horizontale, qu'ils ferment avec des chevilles; ensuite ils se servent de cet ais pour former un petit batardeau, afin que l'eau ne puisse s'écouler que par les jauges qu'ils ouvrent l'une après l'autre, jusqu'au moment qu'ils voyent le niveau de la source s'entretenir à peu près à la hauteur du bord supérieur des jauges; alors ils jugent de la dépense par le nombre de celles qu'ils laissent ouvertes.

Pour avoir égard aux dépenses qui seroient moindres que celles d'un ponce, les Fontainiers percent encore dans le même ais d'autres trous plus petits, comme de 11, de 10, de 9, de 8, &c. lignes de diamètre, dont les centres se placent sur le même alignement que

celui des poudres; & pour estimer la valeur de ces petites jauges, ils ont divisé le pouce d'eau en 144 lignes, c'est-à-dire, en autant de parties égales qu'il s'en trouve dans le carré du diamètre d'un pouce, divisé en 12 lignes; ils comptent que le niveau de l'eau étant toujours entretenu à 6 ou 7 lignes du centre des orifices, les jauges précédentes donnent 144, 121, 81, 64, &c. lignes d'eau. Ainsi lorsqu'après avoir ouvert plusieurs trous d'un pouce, ils voyent que le niveau de l'eau ne s'entretient plus à la hauteur convenable, ils en referment un, & ouvrent une ou deux des petites jauges qui conviennent le mieux, pour arriver par degré à la mesure qu'ils cherchent. Par exemple, si l'eau sort par 4 jauges d'un pouce, & par celles de 9 & de 2 lignes de diamètre; ils estiment que la source donne 4 poudres & 85 lignes d'eau, sans qu'ils sçachent le rapport que cette dépense peut avoir avec une autre mesure connue. Il reste à examiner d'où l'on a tiré cette manière de jauger, pourquoi l'on s'en sert plutôt que d'une autre, & sur quelle autorité elle est établie.

1393. Ce n'est que depuis que le traité du mouvement des eaux de M. Mariotte a paru, que presque tous les Mathématiciens se sont accordés à admettre une expérience, par laquelle cet Auteur a trouvé que le niveau de l'eau étant entretenu à une ligne au-dessus du bord supérieur d'un orifice d'un pouce de diamètre, pratiqué dans une surface verticale, il en sortoit environ 14 pintes dans le tems d'une minute, d'où il a conclu la valeur du pouce d'eau des Fontainiers. Je dis environ 14 pintes, parce que plusieurs autres personnes, & M. Mariotte lui-même, ayant répété cette expérience, en ont trouvé tantôt plus ou moins, mais le plus souvent 13 pintes $\frac{2}{3}$; cependant l'on s'en est tenu à 14 pintes pour plus de commodité, parce que dans l'espace d'une heure le pouce d'eau donnera 3 muids de Paris, par conséquent 72 en 24 heures, de ceux qui contiennent 8 pieds cubes, & le pied cube 35 pintes. Ainsi l'on peut par ce moyen mesurer bien plus aisément la dépense d'une source, qu'en se servant de la jauge des Fontainiers, puisqu'il n'y a qu'à recevoir dans un bacquet l'eau qu'elle fournira lorsqu'elle sera toujours entretenue à son niveau naturel; ensuite on jugera de son produit par le nombre de pintes écoulées dans le tems d'une minute, qu'on n'aura plus qu'à diviser par 14 pour avoir des poudres & des lignes d'eau. Par exemple, si on avoit reçu dans le bacquet 38 pintes en une minute de tems, la source auroit fourni 2 poudres $\frac{1}{2}$; & pour avoir la valeur de la fraction en lignes d'eau, on dira si 14 pintes, valeur

Expérience de M. Mariotte, par laquelle il a voulu déterminer la valeur du pouce d'eau.

d'un pouce, donnent 144 lignes, combien donneront 10 pintes qui restent de la division ? On trouvera à peu près 103 lignes.

*La valeur
du pouce
d'eau n'a
point encore
été fixée
par aucune
loi ni or-
donnance ;
il seroit à
souhaiter
qu'en s'en
scût.*

1394. Quoique cette maniere de jauger paroisse adoptée de la plupart de ceux qui se sont appliqués au mouvement des eaux, il est essentiel d'être prévenu qu'il n'y a aucune loi ni ordonnance qui l'ayent autorisée, ni même fixé ce qu'on doit entendre par un pouce d'eau. Cependant il paroît que cette mesure est assez importante pour mériter l'attention des Magistrats, afin de prévenir les difficultés qui peuvent naître entre ceux qui sont chargés de la distribution des eaux publiques, & les personnes à qui il en est dû de droit, ou qui veulent en acquérir ; toutes les autres mesures sont déterminées sans que personne ose les augmenter ou les altérer, ayant leur matrice déposée au greffe, pour en faire de tems en tems le contrôle.

Le pouce d'eau n'étant point déterminé, il arrive que dans la distribution des eaux publiques, qui se fait sans avoir égard au tems de leur écoulement, ni à leur quantité réelle par rapport à une mesure connue : ceux qui en disposent ne peuvent sçavoir exactement ce qu'ils en donnent aux concessionnaires, ni ces derniers ce qu'ils en reçoivent, parce que la hauteur du niveau de l'eau dans chaque cuvette est arbitraire, eu égard à la situation des orifices ou jauges, par lesquels l'eau coule dans les bassinets, & parce que ces jauges qui sont presque toutes de différentes grandeurs, ne donnent point effectivement des quantités d'eau proportionnées aux quarrés de leur diamètre. Car de deux jauges, l'une de 6 & l'autre de 3 lignes de diamètre, il n'arrive pas que la première donne 36, & la seconde 9 lignes d'eau, ni même que la dépense de celle-ci soit le quart de l'autre, comme on en va juger.

*De quelle
maniere l'on
distribue
dans Paris,
l'eau des
fontaines
publiques.
Inconvé-
nients de la
Méthode
qui est en
usage à cet
égard.*

1395. Pour ne parler que de ce qui se pratique à Paris dans la distribution des eaux des fontaines publiques, qui sont les seules que j'ai été à portée d'examiner sérieusement, l'on sçaura qu'aux cuvettes qui m'ont paru les mieux conditionnées, l'on a tracé une ligne horizontale qui regne tout autour de la languette des jauges, à une distance de 5 ou 6 pouces du fond ; car elle n'est pas la même dans toutes les cuvettes, & que c'est sur cette ligne que se rencontre le centre des orifices ou jauges circulaires, qui déterminent la quantité d'eau que reçoivent les bassinets qui leur répondent. A l'égard de la grandeur des mêmes jauges, elles peuvent avoir depuis 12 jusqu'à une ligne & demi de diamètre, toutes les autres intermédiaires que la Ville a adopté pour le choix des concessionnaires ayant leur diamètre dans l'ordre des termes de la progression suivante,

suivante, que j'ai accompagnée du nombre de lignes d'eau, qu'on estime que toutes ces jauges doivent donner continuellement.

Diamètre des Jauges.

| 42 | 11½ | 11 | 10½ | 10 | 9½ | 9 | 8½ | 8 | 7½ | 7 | 6½ | 6 | 5½ | 5 | 4½ | 4 | 3½ | 3 | 2½ | 2 | 1½ |

Dépense des mêmes Jauges en lignes d'eau.

| 144 | 132 | 121 | 110 | 100 | 90 | 81 | 72 | 64 | 56 | 49 | 42 | 36 | 30 | 25 | 20 | 16 | 12 | 9 | 6 | 4 | 2 |

Il faut être prévenu aussi qu'entre la languette de jauge & celle de *calme*, il y a dans le fond de la cuvette un tuyau adapté à un boisseau, dans lequel s'encastre un vase ou entonnoir postiche, recevant la décharge de superficie (1382) qui va se rendre dans le réservoir qui est ménagé dans la fontaine où est cette cuvette. Or comme la hauteur du bord supérieur de cet entonnoir, au-dessus du fond de la cuvette n'est pas limitée, il arrive que celle du niveau de l'eau ne l'est pas non plus par rapport au centre des jauges, & que par conséquent la charge n'étant point la même dans toutes les cuvettes, les jauges des unes doivent dépenser plus ou moins que celle des autres, & servir plus ou moins avantageusement les concessionnaires de différens quartiers. Mais supposons que pour remédier à cet inconvénient l'on dispose les choses de façon que dans toutes les cuvettes la charge de l'eau soit uniforme, il restera toujours à sçavoir à quelle distance le niveau de l'eau doit être du centre des orifices, pour que la dépense, qui se fera par celui d'un pouce de diamètre, soit effectivement d'un pouce d'eau; mais comment déterminer ce point, puisque la valeur du pouce d'eau ne l'est pas?

1396. Il est naturel de penser que si Messieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris avoient à assigner une valeur au pouce d'eau, relativement à la durée d'une minute & à une mesure d'usage, ils ne pourroient mieux faire que d'adopter celle que M. Mariotte leur a donné; comme étant déjà connue; mais c'est dommage que cette valeur du pouce ne soit point du tout commode pour évaluer & vérifier les petites jauges, parce que le nombre 14 n'est point aliquote du pouce d'eau divisé en 144 lignes; mais il le seroit s'il valloit 18 pintes. Alors une ligne d'eau vaudroit un poinçon ou la huitième partie de la pinte de Paris, au lieu que nous ne connoissons point de mesure qui soit exactement la 144^e partie de 14 pintes: pour cela M. Mariotte

Le pouce d'eau estimé de 14 pintes n'est pas commode pour les petites jauges.

Quelle est la valeur qui lui conviendrait le mieux?

n'avoit, dans son expérience, qu'à augmenter un peu la charge de l'eau, en cherchant de combien de lignes son niveau devoit surmonter le centre de l'orifice pour dépenfer 18 pintes en une minute. D'ailleurs, comme on ne fait point de concession pour une seule ligne d'eau, & que l'on n'en donne gueres moins de quatre, je ne vois pas la nécessité de diviser le pouce en 144 lignes, il seroit bien plus commode que cette division ne fût que de 36; alors une ligne en valant 4 des anciennes, sera vendue le quadruple, & pourra se rapporter plus aisément à une mesure d'usage.

*Inconvé-
nient de
changer la
valeur du
pouce d'eau.*

1397. S'il s'agissoit d'établir pour la première fois des fontaines dans une Ville dont les eaux seroient à la disposition des Magistrats, il conviendrait qu'ils assignassent au pouce d'eau une valeur qui fût aussi commode qu'il est possible dans ses divisions, relativement à celle d'une autre mesure connue; mais lorsque les choses se trouvent établies par un long usage, l'on rencontre souvent plus d'inconvéniens pour les reformer, qu'il n'en résulteroit d'avantages; & voilà, ce me semble, le cas où se trouvent Messieurs de la Ville de Paris. Car quoique la valeur de leur pouce d'eau ne paroisse pas déterminée, il faut pourtant convenir que n'étant autre chose que celui des anciens Fontainiers, la valeur que lui a donné M. Mariotte approche plus qu'aucune autre de celle qui peut lui convenir, parce qu'il n'y a point de doute, que quand on a commencé à se servir de cette mesure pour jauger l'eau des Fontaines publiques, l'on n'ait eu pour objet de laisser sortir l'eau continuellement à gueule bée par un trou vertical d'un pouce de diamètre, suffisant pour cela que son niveau surmonterait tant soit peu le bord supérieur de l'orifice; & c'est ce qu'a fait M. Mariotte en le fixant à une distance de 7 lignes du centre. Que si l'on remarque à Paris un grand nombre de Fontaines où l'eau soit entretenue à une plus grande hauteur, cela vient de ce que la source en fournit plus que les jauges n'en devoient dépenfer naturellement, ou que la décharge de superficie est trop haute, & ne reçoit pas le superflu qui devoit tourner au profit du Public. Ainsi, fondé sur plusieurs autres remarques qui seroient trop longues à rapporter, je présume avec beaucoup de vrai-semblance, que dans les fontaines, le niveau de l'eau devoit toujours être entretenu à 7 lignes au-dessus du centre des jauges, alors le pouce sur lequel on compte, vaudra environ 14 pintes. Les choses étant ainsi, l'on ne pourroit en augmenter ou diminuer la valeur sans de grandes difficultés, parce qu'il faudroit, pour continuer à donner aux concessionnaires la même quantité d'eau qu'ils ont tou-

jours eu, renouveler leur Contrat d'acquisition pour les mettre sous des expressions différentes.

1396. Supposant que la valeur du ponce d'eau soit fixée à 14 pintes de Paris, écoulées dans une minute, pour que le niveau EF de l'eau soit entretenu à 7 lignes au-dessus de la ligne CD, sur laquelle se trouve le centre des jauges I, K, L, M, N, O, P, Q, leur diamètre allant de suite en progression arithmétique depuis 1 jusqu'à 2 lignes, chacune pratiquée dans la languette qui répond à son bassinnet. Il ne s'ensuivra pas que la répartition de l'eau se fasse exactement, parce que les dépenses de ces jauges, ou la somme des différentes vitesses de leurs filets d'eau, & les déchets causés par les frottemens, ne feront point dans la raison des quarrés de leur diamètre, (491) le raisonnement confirmé par l'expérience faisant voir que les petits orifices donnent beaucoup moins que les grands, à proportion de leur superficie.

Si le niveau EF de l'eau étoit toujours entretenu à la même hauteur, l'on pourroit, après avoir pratiqué dans une languette un orifice d'une grandeur déterminée, eu égard à ce qu'on veut qu'il dépense, l'augmenter tant soit peu pour arriver par degré à la grandeur qui lui convient, suppléer aux frottemens, & faire que la dépense effective égale la dépense naturelle; & par des expériences exactes, trouver le diamètre qui convient aux grandes & petites jauges, pour qu'elles dépensent précisément la quantité d'eau qu'on veut qu'elles fournissent, là-dessus établir un instrument qui serviroit à déterminer le calibre de toutes les jauges, pourvu que les languettes aient la même épaisseur que celle qui aura servi aux expériences, n'y ayant point de doute que les plus épaisses causent plus de frottement, par conséquent plus de déchet & au contraire; c'est pourquoi il ne faut jamais faire de canons aux orifices, parce qu'ils retardent considérablement la vitesse de l'eau.

1399. Voilà sans doute le meilleur parti qu'on pourroit prendre, si comme je viens de le dire, le niveau de l'eau pouvoit être toujours entretenu à la même hauteur; mais c'est ce qui n'est gueres possible; car si les cuvettes reçoivent des eaux de source, il arrivera dans les tems de sécheresse que leur niveau baissera insensiblement, & que si ces eaux sont élevées par une Machine composée de plusieurs équipages de pompes, sujettes à de fréquentes réparations, l'eau baissera tout-à-coup quand on sera obligé d'arrêter un ou plusieurs équipages; alors le niveau EF descendant jusqu'en GH, comme cela se rencontre souvent, il arrivera que les grandes jauges I, K, L, M, donneront toujours de l'eau, &

Les dépenses des jauges circulaires ne sont pas dans la raison des quarrés de leur diamètre.

PLAN. 32
FIG. 2.

Inconvénient des jauges circulaires, dans les centres sans placis sur une même ligne horizontale.

A a a ij

d'autant plus qu'elles sont plus grandes, au lieu que les petites N, O, P, Q n'en donneront que fort peu, & les moindres point du tout, parce qu'elles se trouveront au-dessus du niveau de l'eau, d'où il résultera de justes plaintes de la part des concessionnaires, les uns se trouvant avoir de l'eau & les autres en manquer, sans que ceux qui sont chargés de la distribuer puissent y mettre ordre.

Si cet inconvénient n'arrivoit que rarement, & qu'il ne durât que deux ou trois heures, c'est-à-dire, autant de tems qu'il en faut pour faire à la Machine les réparations les plus pressées, on pourroit n'y avoir point égard; mais dans les grandes sécheresses, qui durent quelquefois trois ou quatre mois, c'est alors que la répartition des eaux est d'une inégalité qui n'est pas supportable, soit qu'elles viennent de la part de la rivière ou des sources.

*De quel-
que manière
que l'on
ajuste les
jauges cir-
culaires,
leur dé-
pense ne
seroit ja-
mais pro-
portionnée
aux quar-
tés de leur
diamètre.*

1400. On pensera peut-être que pour rendre en tout tems les dépenses des petites jauges plus proportionnées à celles des grandes, il n'y auroit qu'à les faire appuyer toutes sur une même ligne horizontale RS, distante de 13 lignes du niveau déterminé EF; mais quand ce niveau viendra à baisser, comme ci-devant, à la hauteur GH, il arrivera tout le contraire de ce qui précède, c'est-à-dire, que plusieurs des petites jauges dépenseront l'eau à gueule bée, tandis que les plus grandes ne fourniront pas seulement la moitié de ce qu'elles doivent donner. Il suit de-là que tant qu'on se servira d'orifices circulaires pour des cuvettes où le niveau sera sujet à varier; il ne sera pas possible d'en faire judicieusement la répartition; il s'agit donc de sçavoir quelle figure peut leur convenir le mieux pour remédier à un inconvénient de cette importance.

*La seule
manière de
bien faire
les jauges,
est de leur
donner une
figure rec-
tangulaire.*

1401. Après y avoir long-tems réfléchi, je n'ai point trouvé de meilleur moyen pour bien distribuer les eaux, que de faire les orifices ou jauges rectangulaires, leur donner la même hauteur, & placer leurs bases sur une même ligne horizontale EF, parce qu'alors les dépenses de toutes ces jauges seront toujours dans la raison de leur base, à quelque hauteur que soit le niveau de l'eau; ainsi lorsqu'elle viendra subitement à baisser par les causes que nous venons d'exposer, la répartition se trouvera proportionnée pour chaque concessionnaire, selon la diminution de la source; & si une Fontaine entretient plusieurs autres, la dépense de ces dernières se trouvera diminuée dans la même proportion, sans que les Fontainiers soient obligés de s'intriguer pour empêcher que de certains quartiers ne manquent d'eau, comme cela arrive quelquefois à Paris, par la mauvaise disposition des jauges, qui

est cause que la plupart des Fontaines se trouvent les unes par rapport aux autres dans le même cas que les concessionnaires, dont les uns ont de l'eau, tandis que les autres en manquent (1399).

1402. Pour déterminer les dimensions des jauges rectangulaires, eu égard à leur dépense, nous commencerons par celle d'un pouce, puisque toutes les autres en dérivent; pour cela je n'en connois point de plus commode que de faire un puits de 36 pouces ou de 36 lignes de base sur 4 de hauteur, dont la superficie est de 144 lignes quarrées, qui fourniront ensemble la dépense d'un pouce d'eau ou 14 pintes dans une minute, lorsque le niveau de l'eau sera entretenu à une ligne au-dessus du bord supérieur du puits, comme on en va juger.

1403. Le pouce d'eau pesant 28 lb, & le pied cube 70, l'on connoitra le volume d'un pouce d'eau, en disant si 70 lb donne 1728 pouces cubes pour son volume, que donneront 28 lb? On trouvera 691 $\frac{1}{2}$ pouces cubes pour le volume de l'eau qui doit sortir par une jauge rectangulaire de 36 lignes de base sur 4 de hauteur, dont la superficie est d'un pouce quarré; ainsi divisant 691 $\frac{1}{2}$ pouces cubes par une superficie du puits, la vitesse moyenne de l'eau par minute (533) sera de 671 $\frac{1}{2}$ pouces courans, qu'il faut diviser par 60, pour avoir cette vitesse par seconde, qui se trouve de 11 pouces $\frac{1}{2}$. Que si l'on cherche dans la troisième Table du premier Volume, page 257, la chute capable d'une pareille vitesse, on la trouvera d'environ 2 lignes & un quart, qui montre que l'eau pourra sortir à gueule bée, puisque la chute se trouve un peu plus grande que la moitié de la hauteur du puits. Mais comme le frottement contre les bords ne manquera pas d'altérer sa vitesse, l'on voit qu'on ne peut pas donner moins d'une ligne de charge, il y a même beaucoup d'apparence qu'il en faudra davantage, & que cette charge pourra aller à 2 ou 3 lignes, ce qui ne peut être déterminé que par l'expérience; aussi je compte qu'on en fera pour fixer dans les cuvettes le niveau ordinaire EF de l'eau, par le moyen de la décharge de superficie (1395); il me suffit d'avoir prouvé qu'elle sortira à gueule bée quand elle dépensera un pouce, puisque la hauteur du puits n'est pas trop grande par rapport à sa base.

1404. Présentement, quand on voudra avoir des jauges dont la dépense soit au-dessous de celle d'un pouce d'eau, comme, par exemple, de 36 lignes, il n'y aura qu'à leur donner 9 lignes de base en conservant toujours la hauteur de 4 lignes; ainsi des autres jusqu'à la jauge de la plus petite concession, qui sera ré-

A a a iij.

Quelle est la charge & les dimensions qu'il convient de donner à une jauge rectangulaire pour dépenser un pouce d'eau.

Preuve pour faire voir qu'un puits vertical de 36 pouces de base sur 4 lignes de hauteur dépensera un pouce d'eau lorsque son niveau sera un peu au-dessus du bord supérieur.

PLAN. 3.
FIG. 3.

Méthode de déterminer la grandeur des jauges dont la dépense est moindre que celle d'un pouce.

duite à une ligne de base pour dépenser 4 lignes d'eau (1396); que si l'on en vouloit 6, on fera la base d'une ligne & demie. En un mot, il est clair qu'une ligne de base donnant 4 lignes d'eau, une demi-ligne n'en donnera que la moitié; ainsi voulant une jauge qui dépense 11 lignes d'eau, il faudroit donner à sa base $2\frac{1}{4}$ lignes.

La grandeur des jauges ne peut être déterminée exactement que par des expériences.

1405. Il faut convenir que de toutes les manieres de distribuer l'eau, celle-ci est la plus exacte & la plus commode; car, comme je l'ai déjà dit, les dépenses seront toujours proportionnées aux bases des jauges à quelque hauteur que se rencontre le niveau GH de l'eau, lors même qu'elle ne coulera pas à gueule bée. Je sçai bien qu'en faisant leur base de la grandeur qu'il leur conviendra naturellement, les frottemens seront cause que leur dépense sera moindre que celle qu'elle devrait donner; mais il sera aisé d'y suppléer en élargissant les jauges par degré, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à les rendre capables de ce qu'elles doivent produire, sans jamais toucher à leur hauteur.

Quand on passe de la théorie à la pratique, ce n'est jamais sans rencontrer des accidens qui ne peuvent être rectifiés que par la pratique même, aussi je compte qu'après avoir ébauché toutes les jauges dont on aura besoin, on fera des expériences pour déterminer leur véritable grandeur; que là-dessus on construira un instrument qui comprendra tous les calibres qui auront été déterminés par les mêmes expériences, & qu'on s'en servira pour pratiquer des jauges convenablement à leur dépense.

Il faut que les petites jauges soient éloignées des grandes, pour que la dépense des premières ne soit point altérée.

1406. Comme les grandes jauges consomment beaucoup d'eau qui vient de toutes parts à l'endroit où il y a le plus de mouvement, il est essentiel d'observer que lorsqu'une petite jauge se trouve dans le voisinage d'une grande, cette dernière absorbe en partie l'eau qui auroit dû couler par l'autre qui se trouve mal servie, quoique la charge soit la même. Pour éviter cet inconvénient, il faut, autant que cela se peut, les éloigner, & même diviser les grandes en plusieurs autres plus petites, qui fournissent ensemble la même quantité d'eau. Par exemple, quand il sera question de faire couler dans un bassin un ou plusieurs pouces d'eau, soit pour la fontaine où se fait la distribution, ou pour quelqu'autre que celle-ci doit entretenir, il faut faire le bassin assez grand pour qu'un pouce d'eau puisse couler par quatre jauges de 9 lignes de base, placées de front; & lorsqu'il y en aura un grand nombre, il convient que le bassin soit tiré à un des côtés de la cuvette, où l'eau a le plus d'étendue, afin qu'il soit mieux fourni.

1407. Quant à la maniere de fermer toutes ces jauges dans les occasions où il faudra interrompre le cours de l'eau, on fera des diaphragmes de feuilles de lèion, qui se leveront verticalement, comme autant de petites vannes à coulisse, dont le jeu sera terminé par une saillie attachée sur la languette de jauge pour les mettre hors de prise.

Les jauges rectangulaires doivent être fermées avec des petites vannes à coulisse.

Comme la dépense des jauges ne peut être proportionnée à leur superficie, qu'autant que les bases seront sur une même ligne horizontale CD, l'on voit la conséquence que le fond des cuvettes soit bien de niveau, établi assez solidement pour qu'aucun côté ne fléchisse jamais, crainte que la charge ne devienne plus forte en un endroit qu'à l'autre, c'est pourquoi il faut que ce fond soit formé de tables de plomb d'environ six lignes d'épaisseur.

PLAN. 3.
FIG. 3.

1408. La hauteur de la languette de jauge devant être de 8 pouces (1391), l'on observera que la ligne horizontale sur laquelle doivent regner les bases des jauges soit élevée de 5 pouces, afin de les éloigner de la vase que l'eau déposera au fond des cuvettes; alors il restera une bordure de 2 pouces 8 lignes au-dessus du sommet des jauges, qui retiendra l'eau, lorsque quelquefois l'air que renferme la conduite la fera jaillir avec impétuosité. Quant à l'épaisseur de cette languette, il faut qu'elle soit la même pour toutes les cuvettes, & égale à celle dont on se sera servi dans les expériences qui auront donné la véritable grandeur des jauges.

A quelle hauteur au-dessus du fond des cuvettes les jauges doivent être pratiquées.

1409. Lorsqu'on veut construire des fontaines publiques, il faut, avant que de déterminer la position des cuvettes, prendre de justes mesures pour les situer à la plus grande hauteur qu'il est possible, en sorte que celles qui recevront leurs eaux, immédiatement de la distribution générale, ne soient inférieures à la source, qu'autant qu'il convient, pour que l'eau qui coulera dans leurs conduites comme dans un siphon, puisse remonter en quantité suffisante; on aura la même attention pour la faire passer de ces premières cuvettes à d'autres plus éloignées, & des secondes aux troisièmes, ainsi de suite, sans se mettre en peine si ces dernières paroîtront beaucoup plus élevées qu'il ne faut, eu égard à la situation des quartiers où elles se trouveront placées, parce qu'on doit moins considérer l'état présent des choses que celui où elles pourront arriver. En effet, une Ville peut recevoir des agrandissemens & se trouver dans le cas d'établir des fontaines, bien au-delà des bornes que l'on s'étoit prescrites; alors si l'on n'a pas ménagé à l'eau toute la supériorité qu'on auroit pu lui donner, on mérite le blâme de la postérité d'avoir eu des vûes trop bornées.

Il faut dans les fontaines publiques établir les cuvettes à la plus grande hauteur qu'il est possible.

Quand même ce que l'on a voulu prévoir n'auroit jamais lieu ; où est l'inconvénient de se conformer à la maxime sur laquelle j'insiste ? Ne peut-il pas arriver que l'on soit obligé d'entretenir des réservoirs élevés dans des Hôtels considérables, Manufactures, Hôpitaux, &c. d'où il faudra la distribuer dans d'autres réservoirs destinés à différens usages, qui ne pourront avoir lieu qu'autant que le premier aura une certaine élévation au-dessus du rez-de-chaussée, ce qui dépendra nécessairement de celle de la source ?

De quelle manière l'on peut par des expériences trouver la véritable élévation des cuvettes, pour que la dépense effective soit égale à la dépense naturelle.

1410. Il ne suffit pas d'avoir fait voir qu'il falloit établir les cuvettes à la plus grande hauteur possible : il nous reste à expliquer de quelle manière on trouvera le terme auquel l'eau peut remonter. Pour cela on commencera par faire des nivellemens exacts, afin de connoître l'élévation du niveau de la source, ou celle du fond des cuvettes du château d'eau au-dessus de l'endroit le plus bas où il faudra que l'eau passe dans le tuyau de conduite ; ce qui déterminera la hauteur de la branche de *chasse* ; choisir la grosseur qu'il conviendra le mieux de donner à la conduite, ensuite faire usage des regles que nous avons établis au commencement du second Chapitre de ce Livre, principalement dans l'article 1214, afin de trouver par le calcul le point d'élévation qu'on cherche, c'est-à-dire, la hauteur de la branche de *fuite*, qui n'est pas toujours celle du tuyau montant, parce qu'il peut se rencontrer en chemin des pentes & contre-pentes, qui feront que le pied de ce tuyau ne sera pas le point le plus bas de la conduite.

Manière de déterminer par le calcul l'élévation des cuvettes par rapport à celle de la source.

1411. Comme l'eau n'arrivera jamais à sa destination en aussi grande quantité qu'on en doit avoir, parce que les frottemens, coudes, pentes & contre-pentes en retarderont beaucoup la vitesse ; ce n'est que par l'expérience qu'on peut en estimer le déchet & juger de combien il faudra diminuer la hauteur de la branche de fuite. Ainsi le parti le plus sage & le plus infaillible, est de ne point asseoir le plancher sur lequel la cuvette doit être posée, qu'on n'ait d'abord établi la conduite & dressé le tuyau montant, pour y faire couler l'eau, afin, qu'en diminuant par degré son élévation, on parvienne à recevoir, non-seulement l'eau que la cuvette doit dépenser ordinairement, mais la plus grande quantité qu'on estimera pouvoir jamais y faire passer. Tandis que l'on fera cette opération, il faudra être informé si le niveau de l'eau se maintient à sa hauteur ordinaire dans l'endroit d'où elle part, afin de sçavoir si elle descend & remonte naturellement ; après cela on sera en état de disposer pour le mieux l'intérieur de la cage de la Fontaine ; & comme le point qu'on aura trouvé par le calcul, pour

pour l'élévation de l'eau ne sera pas fort éloigné de celui qui peut rendre la dépense effective égale à la dépense naturelle, on pourra juger, même avant l'exécution, des suites de l'ouvrage que l'on veut entamer.

1412. Pour ne travailler que relativement aux différens projets qui pourront avoir lieu par la suite des tems, un point essentiel encore, est de faire toujours les tuyaux de conduite plus gros que ne le demandera la quantité d'eau qui doit y couler ordinairement; il seroit même à souhaiter que toutes les fontaines se communiquassent par de doubles conduites, pour avoir lieu l'une au défaut de l'autre dans le tems des réparations, & toutes deux ensemble, lorsque pour une incendie on voudra faire passer dans un quartier beaucoup plus d'eau que de coutume; alors les choses une fois bien établies, le Public en tireroit de grands secours, sur-tout dès qu'on prendra les autres précautions que j'expliquerai par la suite. Au reste, pour ne rien négliger de ce qui peut appartenir à l'intérieur des fontaines; voici quelques observations sur la construction des réservoirs.

1413. Pour construire un bon réservoir, il faut que les tables de plomb qui serviront à le former soient forgées près à près à la masse, de manière à ne pouvoir compter les impressions du marteau; & comme cela ne se peut faire sans rouler & dérouler ces tables, cette façon est extrêmement nécessaire pour fermer les gerfures par lesquelles l'eau pourroit filtrer: il est arrivé plusieurs fois que faute d'avoir pris cette précaution, on s'est trouvé dans la fâcheuse nécessité de détruire des réservoirs peu de tems après leur construction.

L'épaisseur des tables dont nous parlons, doit être d'environ deux lignes & demi, pesant 14 lb le pied carré; & comme on peut leur donner jusqu'à 16 pieds de longueur sur 4 de largeur, il faut les employer dans toutes leurs étendues, de manière qu'il n'y ait que le moins de jonction qu'il est possible, parce que c'est presque toujours à l'endroit des soudures que naissent les fuites; c'est pourquoi lorsque 4 pieds de profondeur suffiront à un réservoir, il convient d'employer les tables bout à bout, pour faire une ceinture qui en formera le pourtour; mais lorsque la profondeur sera plus grande, il faudra les disposer verticalement par bandes, en commençant par le bord supérieur, & replier ce qui restera de leur longueur pour former une partie du fond.

1414. Il faut bien se garder de revêtir de madriers ou de ma-

* Tome II.

Bbb

Il est essentiel de faire les tuyaux de conduite plus gros qu'ils ne devoient être pour avoir égard aux nouvelles fontaines qu'on voudroit construire dans la suite des tems.

Manière de bien construire les réservoirs destinés aux fontaines publiques.

Les réservoirs.

*voires qui
sont soude-
nés en l'air
doivent être
isolés &
entrevous
par une
carcasse de
charpente.*

çonnerie ces sortes de réservoirs, on doit se contenter d'en soutenir le fond & la hauteur par une carcasse de charpente, solidement assemblée; le pourtour composé de poteaux, distans de 4 ou 5 pouces les uns des autres, afin d'appercevoir les fautes, les réparer sans tâtonner, & n'être pas la dupe des Plombiers, qui ne cherchent qu'à employer leur soudure. Quand ces tables seront posées verticalement, il faut que la soudure qui en fait la jonction soit appuyée contre les poteaux; c'est pourquoi il convient, avant que de les établir, de régler leur distance, relativement à la largeur de ces tables, qui doit être la plus grande qu'il est possible; observant de faire saillir en dedans du réservoir l'arrête des 4 poteaux des angles & celles du châlis de fond, afin que ces arrêtes rabattues soutiennent les jonctions qui leur répondent, qui ne doivent jamais porter à faux, parce qu'elles ne tarderoient gueres à se détacher, si rien ne les aidait à soutenir la poussée de l'eau. L'on observera aussi que les angles & le fond soient bien arrondis, parce que les Plombiers ne pouvant assez ployer ni assujettir leur plomb à angles droits, il résulte un vuide entre le plomb & le bois, qui fait que ce premier se déchire par l'action de la poussée de l'eau.

Je ne dis rien des équerres de fer qui doivent fortifier les angles, ni des tirans qu'il faudra employer pour soutenir les faces opposées lorsque les réservoirs auront beaucoup d'étendue, laissant à la discrétion de ceux qui les feront construire, de prendre toutes les précautions nécessaires pour prévenir les accidens.

Cette maniere de contenir les réservoirs est bien meilleure que d'y employer du fer, parce qu'à moins que les barreaux ne soient près à près, le poids de l'eau fait souffler le plomb entre-deux, qui ne peut fléchir sans se couper contre leurs arrêtes. Il est essentiel que ces réservoirs soient isolés, & qu'on puisse manœuvrer librement autour; il faut même, autant que cela se peut, les élever assez pour découvrir le dessous du fond, afin d'appercevoir les endroits par où l'eau se perdra; c'est ce qui n'est point praticable, quand ils sont renfermés dans une caisse, ou enveloppés de maçonnerie.

*Fabrique
des tuyaux
de plomb,
& leur pré-
servation a
cet. d. fer,
lorsqu'ils
sont em-
ployés sous
le pavé des
rues.*

1415. Tous les tuyaux qu'on employe à Paris sont de plomb, enterrés à 3 pieds de profondeur au-dessous du rez-de-chaussée des rues, & on ne se sert plus de ceux de fer coulé, parce que l'on a reconnu qu'ils ne résistoient pas à la charge des voitures, qui les cassoient fréquemment, sans pouvoir tirer aucun parti des morceaux, au lieu que le plomb étant d'une matière moins aigre, fléchit lorsqu'il ne peut soutenir des fardeaux extraordinaires. Comme il y a plusieurs choses essentielles dont il faut être instruit pour fai-

re un bon usage des tuyaux de cette espèce, je vais exposer en peu de mots ce qu'il importe le plus de sçavoir sur ce sujet.

Pour faire de bonnes conduites, il ne faut point employer de plomb provenant des démolitions de vieux bâtimens, à moins de le mêler par moitié avec celui d'Allemagne, & il en résultera un bon alliage.

On ne doit point employer le plomb d'Angleterre seul, non plus que celui d'Allemagne, le premier étant trop aigre, & le second trop flexible; mais les deux mêlés ensemble seront d'un fort bon usage, si l'alliage est composé de trois quarts de plomb d'Angleterre, sur un quart de celui d'Allemagne.

Les tuyaux de plomb se faisoient autrefois avec des tables arrondies & soudées de long, emboîtées de 12 pieds en 12 pieds, & raccordées par des nœuds de soudure; mais depuis qu'on s'est avisé de jeter les tuyaux en moule, on préfère ces derniers aux autres, l'usage en ayant paru beaucoup meilleur; cependant la manière dont on les fabrique ne les rend pas à beaucoup près aussi bons qu'ils pourroient l'être, parce que les moules n'ayant que trois pieds & demi au plus de longueur, on est obligé de couler ces tuyaux à plusieurs reprises par des jets, dont les différens degrés de chaleur ne peuvent jamais former une aussi bonne liaison que s'ils étoient coulés tout de suite avec des moules de 10 à 12 pieds de longueur, composés d'un bon métal qui ne pût se dépouiller par la chaleur, comme cela arrive quand on les fait de potain.

Les tuyaux doivent être placés le long des maisons pour les éloigner de la route des voitures, & l'on observera de n'en brancher que le moins qu'on pourra, parce qu'ils rendent les fautes trop difficiles à découvrir; cependant dans les cas indispensables, il faudra placer un robinet & un regard sur une branche près de la prise d'eau, afin d'en interrompre le cours quand il sera nécessaire.

1416. Comme la mauvaise façon des tuyaux de plomb cause des réparations continuelles, le meilleur parti que peuvent prendre ceux à qui appartiennent les eaux, est d'avoir des moules en propre avec lesquels on feroit de bons tuyaux, qui auroient toujours les mêmes diamètres & les épaisseurs qui doivent leur convenir, eu égard à leur calibre & à leur charge, & qui ne pourroient plus manquer que par les nœuds de soudure, laquelle doit être composée de deux tiers d'étain sur un tiers de plomb, au lieu que celle dont on se sert pour le cuivre, doit être de trois quarts d'étain sur un quart de plomb.

Il convient que les Princes ayent des moules en propre pour la construction des tuyaux de plomb.

Il y auroit beaucoup de choses à dire sur la manière d'employer

B b b ij

le plomb & de bien faire les nœuds de soudure que je passe malgré moi sous silence, pour ne point entrer dans des détails qui me meneroient trop loin. Je dirai seulement que la plomberie étant une profession qui n'est gueres connue que de ceux qui l'exercent, il convient d'éclairer de près les Ouvriers qu'on emploiera, & d'exiger des Maîtres une garantie de 4 ou 5 ans, qui justifie la bonté de leur ouvrage.

Voici les diamètres, les épaisseurs & le poids par toises des différens tuyaux de plomb qu'on employe à Paris pour la conduite des eaux.

Les plus grosses conduites qui partent de la distribution générale ont 6 pouces de diamètre sur 7 lignes d'épaisseur, & la toise pèse autour de 400 lbs.

Les tuyaux de 4 pouces de diamètre ont 6 lignes d'épaisseur, & la toise pèse 190

Ceux de 3 pouces ont 5 lignes d'épaisseur, & la toise pèse 180

Ceux de 2 pouces ont 4 lignes d'épaisseur, & la toise pèse 72

Ceux de 1½ pouces ont 3 lignes d'épaisseur, & la toise pèse 58

Ceux de 1 pouce ont 2½ lignes d'épaisseur, & la toise pèse 35

Tous les petits tuyaux peuvent avoir jusqu'à 18 pieds de longueur, mais les gros n'en peuvent gueres avoir que 12, parce que s'ils en avoient davantage, leur poids les rendroient d'une trop difficile exécution, & l'on auroit peine à les asséoir dans les tranchées; ils s'emboîtent les uns dans les autres & se lient par des nœuds de soudure. A Paris, le prix de la livre est de six sols, indifféremment pour tous les calibres précédens.

Quant à la quantité de soudure que l'on employe pour lier ces tuyaux selon leurs calibres, il faut pour ceux de 6 pouces de diamètre 15 livres de soudure par nœud; pour ceux de 4, 10 lb; pour ceux de 3, 8 lb; pour ceux de 2, 6 lb; pour ceux d'un pouce & demi, 4 lb; & pour ceux d'un pouce, 3 lb. A Paris, la livre de soudure vaut 18 sols.

1417. Pour épargner les longues recherches qu'il faut faire le long des conduites quand on veut découvrir les fuites par où l'eau se perd, il convient d'avoir des robinets placés dans des regards, auxquels l'on donne quatre pieds en carré sur 6 de profondeur; ces regards doivent répondre à un puits de 3 pieds de diamé-

De 50 toises en 10 toises il faut faire des regards, robinets

tre, creusé jusqu'à l'eau, placé à droite ou à gauche de la conduite à une distance de 8 ou 10 pieds pour recevoir les eaux, lorsqu'on voudra mettre la conduite en décharge, afin de pouvoir la nettoyer & l'éprouver. Il est bon d'observer que les regards qui sont accompagnés de puisfards doivent être placés dans les plus basses parties de la conduite.

On jugera de la forme des robinets qui se placent dans les regards, en considérant les développemens représentés par les Figures 6, 7, 8, 9 & 10; la septième & la huitième montrent que le boisseau A est accompagné de trois branches B, C, D dont la première & la seconde se trouvent dans l'alignement du tuyau avec lequel elles sont encastrées & soudées bout à bout, de façon que la première B, qu'on suppose du côté de la source, reçoit le tuyau, & l'autre C entre dedans, afin que l'eau dans son cours ne rencontre point d'arrêts qui retardent la vitesse, & qui pourroient donner lieu à des engorgemens.

Quant à la troisième branche D, elle est faite en bec de corbin pour que l'eau jaillisse de haut en-bas dans le fond du regard sur une pierre taillée en caniveau, qui aboutit au puisfard. Les Figures 6 & 9 expriment l'élévation & le plan de la clef du même robinet, percée de manière qu'on peut, en la tournant de différens sens, interrompre le cours de l'eau, mettre en décharge tels côtés de la conduite que l'on veut, & même tous deux à la fois, si on le juge nécessaire: cette clef est liée avec son boisseau par une rondelle, soutenue d'une clavette; il faut que la grosseur des robinets soit proportionnée à celle des tuyaux, afin qu'ils ne rétrécissent point le passage de l'eau qui doit couler par tout librement; & lorsqu'en se conformant à cette maxime, ils deviennent trop matériels pour pouvoir être tournés à la main, on termine leur sommet par une tête quarrée qui s'emboîte avec deux clefs de fer enclavées l'une sur l'autre, dont la seconde aboutit à un levier que la puissance fait tourner, comme on le voit représenté dans la quatorzième Figure.

1418. Lorsqu'on ignore l'endroit où une conduite perd l'eau, on ouvre le regard le plus prochain de la source, on en ferme le robinet, ensuite l'on va à la fontaine qui donne l'eau à cette conduite, pour voir ce qui se passe dans le bassin qui lui répond. Si l'on s'apperçoit que l'eau descende dans son tuyau, c'est une marque que la fuite que l'on cherche est entre la fontaine & le premier regard. Si au contraire le tuyau descendant refuse l'eau, c'est une preuve que la fuite est plus loin; alors on ouvre le robinet.

B b b iij.

puisfards le long des conduites.

PLAN. 3.
FIG. 6.
7-8-9. &c.
10.

PLAN. 3.
FIG. 14.

Maniere de découvrir les fuites des conduites, lorsqu'ils n'en parolt pas des signes extérieurs.

du premier regard, pour rendre à l'eau la liberté de couler, & l'on ferme celui qui répond au regard, qui est immédiatement après; l'on revient à la cuvette faire les mêmes observations, & si le tuyau descendant refuse l'eau comme auparavant, c'est une marque que la faute est encore plus loin: en continuant de même d'un regard à l'autre, on parvient à sçavoir dans quelle étendue se trouve comprise la faute que l'on découvre, en faisant des fouilles entre les deux regards; ce qui rend l'ouvrage d'autant plus long & plus pénible, que ces regards se trouvent à une plus grande distance l'un de l'autre; ainsi l'on voit combien il importe de ne point en épargner le nombre pour éviter le renversement du pavé, & la longueur du tems qu'on emploie à des recherches inutiles, pendant lequel l'eau cesse d'aller à sa destination.

*Quand les
tuyaux de
conduite
suivent des
pentes &
contrepentes,
il les
faut accompagner
de ventouses.*

1419. Lorsque les conduites regnent le long d'une suite de pentes & contrepentes, il ne suffit pas de pratiquer des regards & robinets dans les lieux bas pour mettre les eaux en décharge, il faut encore les accompagner de ventouses (1371) élevées de 2 ou 3 pieds plus haut que le niveau de la destination de l'eau par où l'air puisse s'échapper, lorsqu'après quelques réparations, on remettra les eaux en voye; autrement il y aura toujours des endroits où l'air se cantonnant, retardera le passage de l'eau (1272) & causera même la rupture des conduites, s'ils se rencontre, comme cela arrive souvent, des parties plus foibles que d'autres, parce que quand l'eau descendra de la source avec précipitation pour les remplir; elle condensera cet air, dont le ressort venant ensuite à se débâter subitement, fera un effort beaucoup au-dessus de la charge que les conduites sont en état de soutenir, ce qui est aisé à concevoir pour peu qu'on y pense. Il faut que ces ventouses soient placées au sommet des pentes & contrepentes, & pour les mettre hors d'atteinte qu'elles soient enclavées dans les pignons des maisons qui se trouveront les plus à portée.

*Indépendamment
des regards
qu'il faut
pratiquer
dans les
lieux bas,
il conviendrait
d'en avoir
aussi au
sommet des
pentes d'où
l'on puisse
tirer de*

1420. Dans les grandes Villes où il y a beaucoup de fontaines publiques, & où il se rencontre par conséquent des tuyaux de conduite sous le pavé des principales rues, il est extrêmement avantageux d'avoir des regards & des robinets au sommet de toutes les pentes d'où l'on puisse, en cas d'incendie, faire couler l'eau en abondance dans différens quartiers, comme on vient de l'exécuter à Paris, moyennant un robinet & une tige représentés dans la treizième figure, dont voici la description.

Supposant que le cercle A exprime le profil d'un tuyau de conduite auquel l'on a adapté un robinet BC placé dans un regard,

On sçaura que l'extrémité C, qui est taillé en vis, se ferme ordinairement avec une boîte L pour que les ordures n'y entrent pas, & que cette extrémité s'ajuste quand on veut avec un écrou D pratiqué au pied d'une tige DEF faite de cuivre, ayant trois pouces de diamètre sur une hauteur de 4 pieds, pour que son sommet excède de 18 pouces le rez-de-chaussée. Cette tige est composée de deux pièces FE, & ED encastrées ensemble à l'endroit E, comme un sucrier avec son couvercle, afin de pouvoir tourner en tout sens la partie supérieure FE, & répandre l'eau sur la pente qui répond à l'incendie après avoir ouvert le robinet; & pour mieux diriger l'eau, l'extrémité G de la tige s'ajuste avec un canon I, qui peut recevoir au besoin un tuyau de cuir H, dont nous avons supprimé la longueur, ce tuyau sert pour passer des hauteurs que l'eau ne sçauroit affranchir, ou pour la conduire immédiatement dans les cuves destinées au service des pompes, lorsque l'incendie est assez à portée, autrement elle sort par l'ajutage K, dont le canon est accompagné, & fuir naturellement la pente du pavé jusqu'au trou qu'on a creusé en terre pour la recevoir. Le robinet BC ne pouvant être adapté qu'à de gros tuyaux, & même peu solidement; la figure onzième en représente un autre beaucoup plus commode, & qui ne peut faire obstacle comme le précédent au cours ordinaire de l'eau; d'ailleurs, comme la clef de ce dernier a les mêmes propriétés que celle que nous avons décrite dans l'article 1417, l'on peut, sans aucune sujétion, empêcher que l'eau ne passe au-delà du regard, & l'obliger à sortir toute par la tige, au lieu qu'avec le premier robinet il faut, pour arrêter le cours de l'eau, en aller fermer un autre au-dessous du précédent.

*Plan pour
étendre les
incendies.
PLAN. 3.
FIG. 13.*

FIG. 11.
& 12.

1421. Comme les regards dont nous parlons, n'ont rien de commun avec ceux qui servent à mettre les conduites en décharge, il faut les fermer par des trapes ferrées de manière qu'on les distingue aisément des autres, avoir une liste de leurs emplacements avec le nom des rues qu'ils peuvent arroser, afin que dans le moment que l'incendie commence, l'on sçache d'où l'on peut tirer du secours; alors ceux qui ont la direction des eaux doivent se rendre aux fontaines qui répondent aux conduites des regards précédens, afin d'y faire passer la plus grande quantité d'eau qu'il est possible, en arrêtant le cours des autres destinations, & si les jauges des bassins de ces conduites ne suffisent pas, on peut y suppléer par des siphons qui feront passer l'eau des cuvettes dans les mêmes bassins; enfin l'on doit fermer tous les robinets des

*Ordre que
l'on doit ob-
server pour
faire un bon
usage des
regards &
robinets
destinés aux
incendies.*

branches qui pourroient répondre à la conduite principale, pour empêcher que l'eau ne se partage.

Les réservoirs qui sont dans les maisons des concessionnaires, peuvent être d'un grand secours pour éteindre les incendies.

1422. L'on tireroit encore beaucoup de secours des réservoirs qui sont chez les concessionnaires, si on ne leur accordoit de l'eau qu'à condition qu'ils auroient un tuyau fermé par un robinet pour la conduire dans la rue à 3 pieds au-dessus du rez de-chaussée, afin d'y avoir recours dans les occasions qui intéresseroient essentiellement le Public. Alors quand ces réservoirs se trouveront à portée d'un incendie, non-seulement on profitera de l'eau qui pourra s'y trouver, mais on aura encore la facilité de les entretenir plein, en faisant passer dans leur conduite autant d'eau qu'elles en pourront soutenir; c'est pourquoi il faudroit obliger les concessionnaires à ne point se servir de tuyaux qui n'aient au moins 2 pouces de diamètre. Il est de la sagesse des Magistrats de n'accorder des grâces aux particuliers que relativement au bien public, qui doit toujours faire leur principal objet.

A Paris les eaux sont divisées en deux départemens séparés, l'un pour celles des maisons Royales, & l'autre pour celles du Public.

1423. A Paris, la conduite des eaux est divisée en deux départemens séparés, le premier qui appartient au grand Fontainier de France, embrasse généralement les eaux réservées pour les maisons Royales, & les fonds destinés à l'entretien de ces eaux, sont pris sur le Domaine du Roi. Le second, qui comprend tout ce qui a rapport aux fontaines publiques & concessions qui en dépendent, est de la Jurisdiction de Messieurs les Prevôt des Marchands & Echevins; c'est à eux seuls, comme dispensateurs des deniers communs de la Ville, qu'il appartient d'ordonner l'exécution des ouvrages nécessaires pour la conduite des eaux, & de voir si tout se passe dans l'ordre, suivant les réglemens de Police qu'ils ont établis, pour que la distribution des eaux ne soit point interrompue, & se fasse judicieusement. Pour juger par eux-mêmes si ceux qui leur sont subordonnés, s'acquittent exactement de leurs devoirs, ils vont visiter souvent les machines, fontaines, regards & cuvettes où il y a des distributions publiques & particulieres, & constater les réparations ou les nouveaux projets qu'ils ont en vûe.

Comme il y a toute apparence que les grands desseins qu'ils ont formés, ne tarderont point à être mis en exécution; l'on a lieu d'espérer de voir un jour Paris égaler l'ancienne Rome, par la magnificence de ses eaux. Qu'il est glorieux à des Magistrats de mériter le titre flatteur de pere du peuple, en manifestant la sagesse de leur administration par des monumens qui annoncent à la postérité l'étendue de leur zele, pour tout ce qui intéresse les besoins & les commodités publiques!

1424. Si les eaux publiques méritent une attention particulière, il faut aussi que ceux qui sont commis pour en faire la distribution, animés du même esprit, soient uniquement occupés à remplir dignement leurs fonctions. Rien ne leur doit être indifférent, cette partie de l'Architecture Hydraulique présentant tous les jours de nouveaux sujets de réflexion, dont ils peuvent tirer de grands avantages. Quand on est appliqué aux devoirs de son état, on profite de tous les événemens, & même de ses fautes.

*Maximes
générales
sur ce qui
peut appar-
tenir à la
conduite
des eaux
publiques.*

Il convient d'avoir un plan exact de la Ville pour y distinguer le chemin que tiendront les conduites, l'emplacement des fontaines, regards, puisarts, robinets, ventouses, & que ce plan soit accompagné d'une légende qui explique tout distinctement, avec un nivellement général qui donne non-seulement la supériorité des cuvettes les unes à l'égard des autres, mais aussi la hauteur des pentes & contre-pentes des rues, afin d'être instruit dans le moment de tout ce qui peut intéresser.

Il faut bien de la prudence pour distribuer les eaux avec économie selon l'étendue & les besoins des quartiers; étant naturel d'en faire passer davantage aux fontaines qui sont éloignées de la rivière, & dans les marchés afin de les laver. Que si on travaille sur une conduite qui interrompe le cours de l'eau à sa destination ordinaire, il convient d'augmenter la dépense des fontaines qui sont le plus à portée de dédommager le quartier qui en manque; & on doit observer aussi dans le tems que les eaux seront considérablement diminuées, soit par de grandes sécheresses, ou par l'interruption des machines, d'en suspendre le cours aux concessionnaires pour les tourner entièrement au profit du Public. La Ville de Paris a été autorisée d'en user ainsi par un Arrêt du Conseil du Roi rendu le 26 Novembre 1666, sans que cet Arrêt fasse mention du terme où l'eau leur sera rendue.

On doit avoir soin de vider les conduites, cuvettes, & réservoirs à la veille des grandes gelées, pour prévenir les dommages qu'elles pourroient causer, & de ne jamais remettre les eaux en voye sans ouvrir les robinets pour laisser réchaper l'air. Il convient aussi de ménager les réparations, de manière qu'on ne suspende point le cours des eaux pour une seule affaire, à moins qu'elle ne soit considérable, & prendre si bien ses mesures, qu'on puisse profiter de l'occasion pour exécuter, ou rétablir les différens objets qui ont quelque rapport entre eux.

Il importe extrêmement d'être bien instruit des qualités & facons de toutes les matieres qu'il faudra mettre en œuvre, afin de

pouvoir en faire un bon choix, & de les employer de la manière la plus avantageuse, en conduisant les Ouvriers sans se reposer sur eux de l'exécution des ouvrages qui mériteront quelque attention. Que si ces ouvrages ne sont point ordinaires, il faut en communiquer le projet à d'habiles gens pour profiter de leurs lumières; & n'en point trop prendre sur soi, en considérant qu'il est des fautes irréparables.

Il est peu de gens capables de bien diriger les Ouvrages qui ont rapport aux eaux publiques.

1425. Il y a peu de gens capables de bien faire exécuter les travaux de cette espèce; cependant comme ils sont d'une extrême importance; c'est aux Magistrats à n'employer que des personnes intelligentes, prévenues de bons principes de théorie & de pratique, ces sortes d'emplois ne devant point s'acquiescer par la finance, & encore moins par la faveur. Un bon Fontainier n'est point un homme ordinaire; il est peu de commission qui demande plus de capacité & de prudence. Le juste discernement de Messieurs les Prevôt des Marchands & Echevins de la Ville de Paris, est bien marqué dans le choix qu'ils ont fait de M. Sirebeau, pour remplir dignement un poste aussi épineux. Les fréquents entretiens que j'ai eu avec lui sur les eaux, & la façon satisfaisante dont il dirige des ouvrages en différentes Provinces par le seul commerce de lettres, m'ont mis en état de juger de sa capacité & de ses talens; je lui rends volontiers ce témoignage, que c'est à lui seul à qui je suis redevable de toutes les connoissances qui me manquoient pour écrire ce Chapitre d'une manière aussi instructive.

Discours préliminaire sur la décoration des Fontaines publiques.

1426. Il me reste à parler de la décoration qui peut convenir aux Fontaines publiques selon leur situation, mais comme ce sujet appartient entièrement à l'Architecture civile, je m'y attacherai peu. J'aurois pourtant fort souhaité que Paris m'eût fourni quelques beaux morceaux, comme on en trouve dans la plupart des Villes d'Italie, principalement à Rome; mais la décoration de nos Fontaines est si simple qu'excepté celle des Innocens, au coin de la rue aux fers, qui est vraiment digne d'admiration par la régularité de son Architecture, & la beauté de ses bas reliefs, on peut dire que toutes les autres n'ont rien qui les élève au-dessus du médiocre. C'est pourquoi je n'en rapporte que trois, prises au hazard, qui pourrout servir de modèle lorsqu'on voudra user d'économie; cependant, pour ne point m'en tenir là, j'ai enrichi ce Chapitre de quelques nouveaux desseins de la composition de M. Blondel, connu par l'excellent Traité qu'il vient de donner au Public sur la décoration intérieure & extérieure des Edifices.

1427. Il n'y a guere que trois situations différentes qui puissent convenir aux fontaines publiques; la premiere est de les enclaver dans l'alignement des maisons d'une rue; la seconde, dans l'un des angles droits ou coins d'un carrefour, qui est le lieu le plus commode pour la distribution de l'eau, parce que quand il se trouve au sommet de la pente des rues, il peut servir de point de partage aux conduites qui partiroient de cette fontaine pour en entretenir d'autres; la troisième est dans le milieu des places publiques, parce qu'on y rencontre ordinairement les mêmes avantages, & qu'elles peuvent en faire l'ornement.

Les situations différentes qui conviennent aux fontaines publiques, se réduisent à trois.

1428. La planche quatrième comprend les façades des trois fontaines que j'ai dit avoir tiré de Paris, qui se trouvent dans la situation qui convient au premier cas. La premiere représente la fontaine de la porte Saint Germain, ou des Cordeliers dont nous avons décrit la cuvette de distribution, dans l'article 1389; la seconde, celle de la Charité, rue Taranne; & la troisième, celle qui est dans la rue Saint Denis proche la Porte : leurs plans sont rapportés sur la planche huitième.

Explication des façades de trois fontaines, exécutées à Paris.

PLAN. 4. & 8.

1429. La planche cinquième représente un des nouveaux desseins de fontaine que M. Blondel m'a fait, pour être placée comme les précédentes dans l'alignement d'une rue; l'Ordre d'Architecture qui y regne, est Toscan rustique : on en trouve le plan sur la planche huitième.

Explication des trois nouveaux desseins pour la décoration des fontaines publiques, convenables aux situations précédentes.

PLAN. 5. 6. 7. & 8.

La planche sixième représente une fontaine qu'on suppose placée au coin d'une rue, selon la seconde situation. Ce dessein offre un grand morceau d'Architecture, dont la composition ne peut produire qu'un bel effet, par la forme extérieure de l'édifice qui fait diversion avec l'intérieure, comme on peut juger par une partie du plan rapporté sur la planche huitième.

Enfin, la planche septième comprend l'une des quatre faces d'une fontaine isolée, selon la troisième situation. Son ordonnance qui est des plus riches, est composée d'un Ordre Dorique parfaitement regulier, couronné d'un appui de pierre auquel on n'a point mis de balustrade, afin de rendre ce couronnement plus mâle. L'on suppose que les quatre faces sont semblables, & que chaque niche fournit de l'eau, comme on en peut juger par une partie du plan rapporté sur la huitième planche. Pour donner à cet édifice un air de grandeur, on l'a terminé par une pyramide dont les tables qui la composent sont destinées à recevoir des inscriptions ou des bas reliefs.

Comme il ne s'agit point ici de parler des proportions de

C c c ij

L'Architecture, ni des avantages qui résultent de marier la forme générale des plans avec leur élévation, je n'entre point dans l'harmonie des parties qui composent les trois desseins que l'on vient de voir, on les propose seulement comme des idées convenables aux trois situations où les fontaines peuvent se rencontrer.

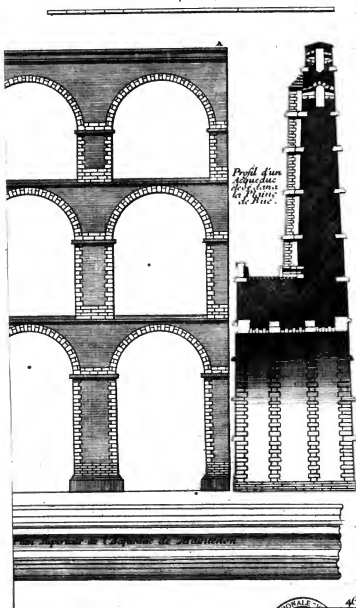
Lorsque les eaux sont assez abondantes pour jaillir continuellement, & qu'on n'est point dans le cas de les économiser dans un réservoir, il y a plusieurs autres manières de les distribuer au milieu d'une place publique, qui dispense d'élever un édifice exprès. Une coupe de marbre, une pyramide, une colonne, le piédestal d'une statue pouvant suffire pour cela; mais comme ces exemples sont ordinaires, je n'ai pas voulu en donner des desseins particuliers, m'ayant paru convenable de rapporter un morceau de plus grande conséquence.

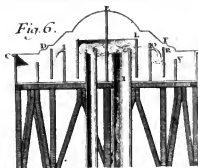
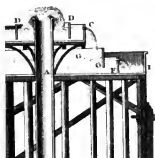
*L'on peut
designer, au-
sans qu'on
le jugera
nécessaire,
la façade
des fontai-
nes, de la
cage où se-
ront renfer-
més la cu-
vette de dis-
tribution &
les tuyaux
descendants.*

1430. Quoique j'ai dit (1409) qu'il falloit donner aux cuvettes de distribution, toute l'élévation qu'on pourroit, il est bon d'observer que cette maxime ne doit gêner en rien la décoration des fontaines, n'étant pas nécessaire que leurs façades soient adossées à la cage qui renfermera la cuvette & les tuyaux descendants (1385), qu'on pourra placer à telle distance que l'on voudra; parce qu'il suffit de ménager derrière ces façades un endroit commode pour loger le réservoir, auquel on fera aboutir le tuyau du bassin qui lui est destiné (1384) & celui qui doit recevoir la décharge de superficie de la cuvette (1395). Ainsi, quand on aura une fontaine dans le milieu d'une place publique, il faudra, s'il est nécessaire, placer la cage dont nous parlons, dans une maison voisine.



Echelle de l'Acqueduc de Buë





Echelle des Cuvettes
5 p. 1/2

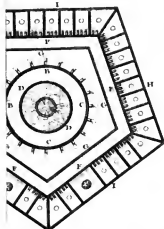


Fig. 7

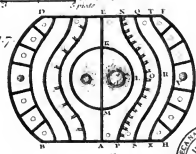
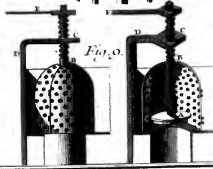
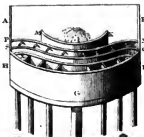
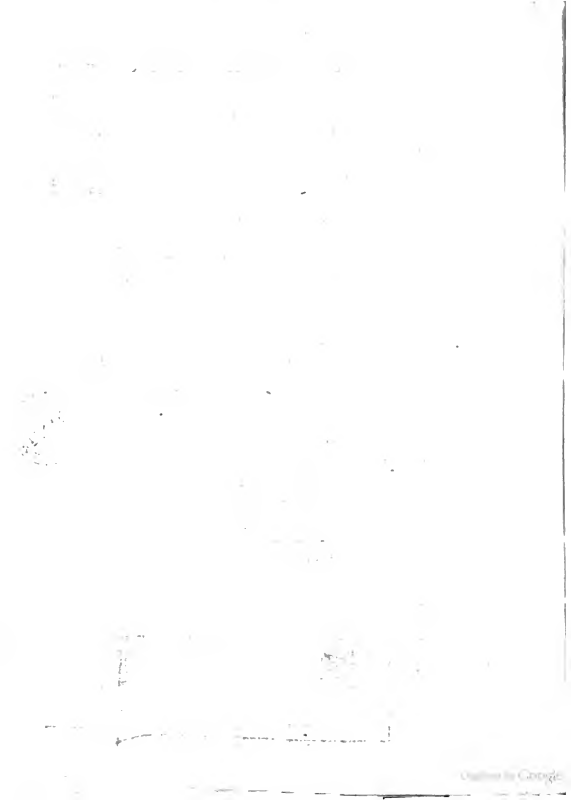
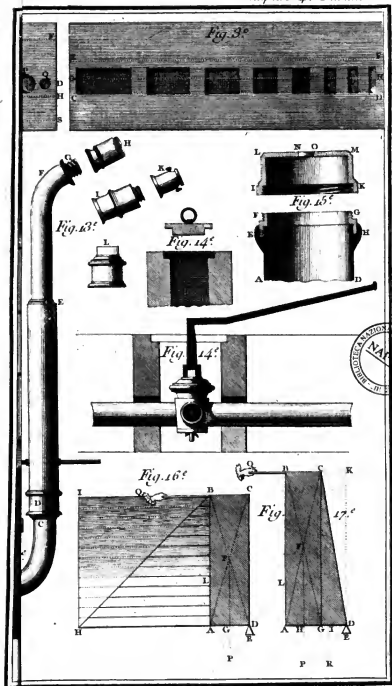
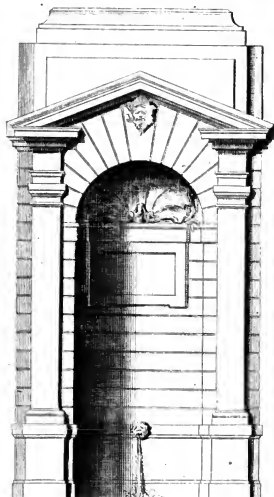


Fig. 8

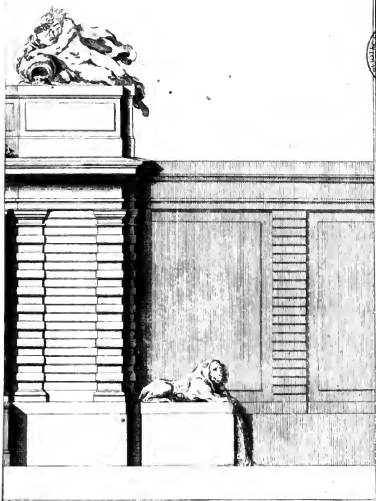






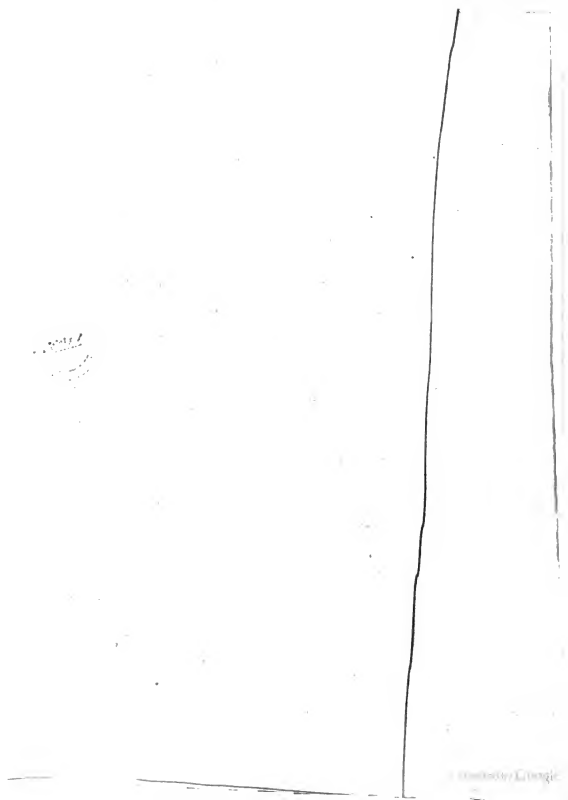
Fontaine de la rue et Porte St Denis, a Paris

l'alignement d'une Rue.

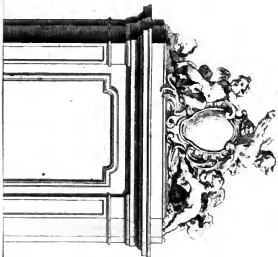


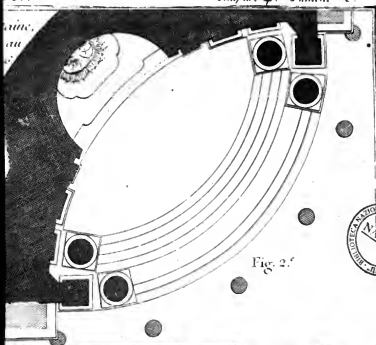
au coin d'une Rue ?



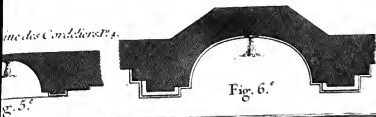


*Elevation d'une des quatre faces d'une Fontaine isolée, qu'on veut faire
situer dans le milieu d'une Place publique.*





Plan de la Fontaine de la Porte St Denis Pl. 4.



CHAPITRE V.

De la maniere de distribuer & de diriger les Eaux jaillissantes pour la décoration des Jardins.

1431. **Q**UELQUE bien cultivés que soient les Jardins de plaisir, ils paroissent peu agréables lorsqu'ils ne sont point animés par des eaux jaillissantes; les personnes qui connoissent Versailles, Marly, S. Cloud, Chantilly, Liancourt, Sceaux conviendront que ces beaux lieux ont quelque chose de languissant lorsqu'après avoir vu jouer les eaux pendant un certain tems, elles cessent tout-à-coup de jaillir. On cherche en vain dans la magnificence des objets que l'on rencontre de toutes parts, de quoi entretenir son admiration, l'on ne retrouve plus ce que l'on vient de perdre; au lieu que dans le ravissement que cause la variété des différens spectacles que présentent les eaux, l'imagination est satisfaite, & semble n'avoir plus rien à désirer.

*Discours
préliminaire
sur la di-
rection des
Jardins de
plaisance.*

La maniere de diriger les eaux dans les Jardins de conséquence, demande beaucoup de goût, d'art & d'industrie pour en faire une agréable distribution. Ce sujet est si abondant qu'il fournirait matière à un gros volume, si on vouloit le traiter dans toute son étendue; cependant je ferai en sorte, sans passer les bornes que je me suis prescrites, de renfermer dans ce Chapitre de quoi satisfaire la curiosité de ceux qui auront envie de s'instruire des principales règles qu'il faut observer, persuadé que pour peu qu'ils travaillent ensuite par eux-mêmes, ils seront en état d'exécuter ce qu'on peut faire de plus magnifique pour embellir les Jardins.

1432. Les principales pieces qui peuvent entrer dans la décoration des Jardins de plaisir, sont les jets, gerbes, bassins, fontaines, champignons, grilles, berceaux, napes, buffets, pyramides, arbres d'eau, calcades, grottes, théâtres, arcs de triomphe; & plusieurs autres attributs purement arbitraires qui dépendent de la fécondité du génie de ceux qui sont chargés des projets de cette espece, dont l'habileté doit principalement consister à faire que la quantité d'eau dont on peut disposer, se multiplie, pour ainsi dire, en se répétant sous différentes formes, & à sçavoir tirer tout le parti possible de la situation du terrain, en mettant même à profit les endroits les plus ingrats. Les Jardins

*Quelles
sont les
principales
pieces d'eau
qui peuvent
entrer dans
la décoration
des Jardins.*

C c c iij.

de Versailles offrant des exemples de toutes les pieces dont je viens de parler, nous y aurons recours comme aux plus magnifiques qu'il y ait dans le monde, & nous ne ferons qu'une legere mention des autres que l'on rencontre ailleurs.

PLAN. I.

J'aurois bien voulu enrichir ce Chapitre par un nombre de belles planches qui eussent présenté l'effet de toutes les pieces dont je vais donner une idée; mais comme cela n'auroit pû se faire sans une grande dépense, qui auroit augmenté considérablement le prix de ce volume, pour un sujet qui n'intéresse pas essentiellement les besoins de la vie, je me suis contenté de rassembler dans la premiere Planche de ce Chapitre plusieurs morceaux qui composent ensemble un fort beau tout, dont la simple inspection suffira pour donner une idée de l'effet que produisent les eaux jaillissantes dans un jardin.

Quelle est la meilleure situation qu'on peut donner aux jets d'eau.

1433. Personne n'ignore qu'un *Jet d'eau* s'élance perpendiculairement en sortant d'un trou circulaire que l'on nomme *ajutage*, qui détermine la grosseur du jet, pratiqué à l'extrémité d'un bout de tuyau vertical, que l'on nomme *fourche* de l'ajutage, placé au milieu d'un bassin qui reçoit l'eau du jet; ce bassin se fait circulaire ou ovale, quelquefois on lui donne la figure d'un hexagone ou d'un octogone, on le place au milieu d'un parterre, ou au bout d'une grande allée en face du corps de logis. Quand on a beaucoup d'eau, au lieu d'un jet on en fait plusieurs, dont la situation dépend de la disposition des lieux; cependant il faut faire en sorte, en les plaçant, que des principaux endroits du Jardin, on puisse les voir d'enfilade, cette répétition partage agréablement la vue qui semble les appercevoir en plus grand nombre qu'ils ne sont effectivement; pour cela, il faut que les parties du jardin soient assujetties à la distribution des eaux, que les allées soient percées avantageusement, afin de découvrir de loin dans les bosquets ce qu'on y aura pratiqué d'intéressant.

De la grandeur qu'il convient de donner aux bassins.

1434. A l'égard de la grandeur qu'il convient de donner aux bassins, il est assez difficile de la déterminer, puisqu'elle dépend de plusieurs circonstances qu'on ne peut appercevoir que dans le tems de l'exécution; mais on sent bien que dans un petit espace, on auroit tort d'y faire un grand bassin; & qu'au contraire, dans un jardin d'une grande étendue, un petit bassin y conviendrait fort mal; cependant l'on préférera toujours les grands bassins aux petits, quand ils pourront avoir lieu sans rien gêner au dessein général. De quelque grandeur qu'on les fasse, il ne faut pas leur donner plus de 20 à 24 pouces de profondeur, à moins que ce

ne soit de grandes *pieces d'eau*, comme celles dont nous faisons mention dans la suite.

1435. Une *gerbe d'eau* est une espece de *faisceau* composé de plusieurs petits jets de peu de hauteur, placés dans le milieu d'un bassin; pour bien faire il faut qu'ils s'élevent par étage, afin de composer une espece de pyramide, ce qui se fait par le moyen de plusieurs rangées de petits tuyaux placés à la ronde autour d'un autre plus gros, qui forme le jet du milieu; telle est la gerbe que l'on voit à Chantilly au bas du grand perron. *Daviler*, dans son Cours d'Architecture, parle d'une espece de gerbe qu'il nomme *Girande d'eau*, qui est aussi un faisceau composé de plusieurs jets qui s'élevent avec impétuosité, & qui, par le moyen de l'air renfermé, imitent le bruit du tonnerre, la pluie & la neige, comme (dit-il) *les deux de Tréscati près de Rome*.

*Définition
des gerbes
d'eau.*

1436. Quand un bassin est d'une belle grandeur, il peut comprendre plusieurs jets d'eau accompagnés de figures de marbre & de bronze tirées de la fable, comme on en rencontre un grand nombre à Versailles d'une beauté merveilleuse; tel est, par exemple, le bassin de Latone situé au-dessous du parterre d'eau. Trois figures de marbre blanc qui sont au milieu, représentent Latone & ses enfans, accompagnée des paisans changés en grenouilles, de bronze doré. Plus bas, au bout de l'allée Royale, est un autre bassin dans le milieu duquel est Apollon placé dans un char de triomphe tiré par quatre chevaux; à ses côtés sont les figures de quatre vents qui, soufflant dans leurs conques, jettent de l'eau de tous côtés. Sur la même ligne, l'on découvre la grande piece d'eau qui est un canal de 750 toises de longueur, sur 40 de largeur, & 7 pieds de profondeur.

*Description
de plusieurs
bassins du
jardin de
Versailles.*

L'on voit aussi près du labyrinthe un bassin occupé par Bacchus accompagné de Satyres & de jets d'eau; le tour de ce bassin est revêtu de pampres & de grappes de raisins de métal. Dans le bosquet opposé est un autre bassin occupé par Cérès; du milieu sort un jet d'eau d'une grosseur prodigieuse environné de huit autres, & ses bords sont revêtus de gerbes de bronze doré.

Plus loin, l'on rencontre encore un bassin dont le milieu est occupé par Flore; cette Déesse est environnée d'un grand nombre de jets d'eau, du milieu desquelles s'en élève un au-dessus des autres en formant une agréable aigrette. A côté de ce bassin est celui d'Encelade où l'on voit ce géant accablé sous les rochers qu'il avoit enfilés pour escalader le Ciel; la grosseur de cette figure est quatre ou cinq fois plus grande que nature, de sa

bouche sort un jet d'eau de la grosseur du bras qui s'élève à 25 pieds de hauteur. L'on voit aussi sortir des roches, quantité de bouillons d'eau qui offrent un magnifique spectacle.

Je ne finirois pas, si je voulois faire mention de tous les magnifiques bassins que l'on rencontre à chaque pas, dont un des plus beaux est celui de l'Île d'Amour, ou l'Île Royale, qui forme un Canal au milieu duquel est une Île environnée de 80 jets d'eau.

*Des napes
d'eau, &
de leur dé-
pense.*

1437. Les napes d'eau font encore un bel effet dans les jardins; mais il ne faut pas qu'elles tombent d'une grande hauteur, autrement elles se déchirent & laissent des intervalles vuides; les plus belles sont les plus garnies; pour cela, elles doivent dépenser au moins 2 pouces d'eau sur chaque pied de longueur. Ainsi ayant une nape d'eau de 10 pieds, il faudra 20 pouces pour sa dépense. L'on en voit une fort belle à Versailles à la tête de l'allée d'eau, & une plus belle encore à Chantilly, qui sert à entretenir le Canal & la plus grande partie des autres pièces du jardin.

*Définition
des Fontai-
nes pour la
décoration
des jardins.*

1438. Dans les jardins où il y a des eaux jaillissantes, l'on nomme Fontaine, plusieurs coupes de marbre ou de bronze allant en diminuant, posées par étage sur une tige commune qui se termine par un bouillon d'eau qui tombe sur la coupe du sommet, d'où elle redescend par cascade dans les inférieures, en formant des napes d'eau qui produisent un fort bel effet. Ces fontaines sont toujours placées dans le milieu d'un bassin qui leur sert de décharge; telle est à Versailles la fontaine de l'Etoile composée de 5 napes, formant ensemble une montagne d'eau.

Quelquefois ces fontaines sont terminées par une Statue qui vomit de l'eau; telle est encore à Versailles la fontaine de la Renommée, qui représente cette Divinité avec une trompette, d'où sort un jet d'eau qui s'élève extrêmement haut; cette figure a sous ses pieds un globe qui donne lieu à une belle nape. Le bassin est entouré d'une balustrade de bronze dorée, soutenue de piédestaux, de chacun desquels il sort un bouillon d'eau qui coule dans une rigole sur l'appui de la balustrade, & de là va se répandre dans le bassin en formant une nape.

Quand plusieurs fontaines sont placées de suite sur une même ligne dans un lieu avantageux, elles présentent un fort beau coup d'œil, & l'on ne peut voir sans admiration les trois fontaines de l'allée d'eau de Versailles, qui est un des plus beaux objets du jardin. On voit aussi à Liancourt, superbe Château à 10 ou 12 lieues de Paris, une fontaine d'une grande beauté, de même que quantité d'autres pièces qui rendent le jardin un des plus magnifiques &

& des plus agréables qu'il y ait après Versailles & Chantilly.

Les fontaines produisent aussi un fort bel effet, lorsqu'elles sont placées contre le fer à cheval de l'escalier d'une terrasse de jardin. Alors on en peut avoir deux, l'une au-dessus de l'autre; en sorte que la plus élevée fournisse la seconde; comme on le voit représenté sur la planche deuxième; où l'on suppose que sur une terrasse au pied d'une balustrade est une fontaine isolée, placée au milieu d'un bassin, d'où l'eau coule ensuite par la bouche d'un masque qui la fait jaillir dans la première coupe d'une seconde fontaine adossée à un mur décoré d'une Architecture rustique. Nous avons cru devoir rapporter ici cet exemple, pour profiter de l'espace qui est resté sur la dernière planche de cet ouvrage, après y avoir tracé le profil d'un bassin, dont nous donnerons la construction à la fin de ce Chapitre.

PLAN. 2.

1439. Ce que l'on appelle *Champignon d'eau*, est une espèce de coupe renversée, faite de marbre, taillée en coquille par-dessus, portée par une tige qui donne à cette pièce la vraie figure d'un champignon. Au travers de la tige passe un tuyau dont l'ajutage vient aboutir au sommet; on en fait sortir un jet qui doit être gros & de peu d'élévation, l'eau en retombant bouillonne, & forme une pappe circulaire qui cause un agréable effet. Quelquefois l'on pose un champignon dans le milieu d'une grande coupe placée dans un bassin, alors l'eau tombant dans la coupe jaillit en-dessus des bords, de là dans le bassin, & forme deux nappes au lieu d'une.

Définition
des champignons d'eau.

1440. Les *Buffets d'eau* se placent quelquefois dans les bosquets, ou bien on les adosse contre le mur du palier d'un escalier à deux rampes, cette pièce ne devant point être isolée, mais appuyée contre un treillis de verdure qui la fasse valoir. Elle est composée d'une grande table de marbre élevée sur une estrade, où l'on monte par deux ou trois marches: sur cette table sont plusieurs gradins en pyramide avec des garnitures de vases de cuivre doré, dont le corps de chacun est formé par l'eau, en sorte qu'ils paroissent de cristal garni de vermeil; il y a deux buffets dans ce goût-là au bosquet du marais à Versailles. On les orne encore par des masques, dauphins de marbre ou de bronze, & autres figures qui vomissent de l'eau; quelquefois aussi le fond du buffet représente une décoration d'Architecture rustique, ou une grotte composée de rocailles, congellations, pétrifications, coquillages & feuilles d'eau.

Définition
des buffets d'eau.

Il y a à Trianon le plus magnifique buffet d'eau que l'on puisse voir, pratiqué dans un enfoncement de charmille au bout d'une allée. Il est composé de trois gradins dont les formes sont agréables.

Tome II.

D d d

ment variées, incrustées de marbre blanc & de Languedoc; ce buffet est accompagné de deux figures, dont l'une représente un Fleuve, & l'autre une Nyade soutenant chacune une urne, d'où sort un gros bouillon, & aux côtés sont deux dragons qui vomissent l'eau dans un bassin; ces eaux & celles de plusieurs champignons & chandeliers d'eau qui se trouvent disposées avec beaucoup de grace, forment en retombant de bassins en bassins plusieurs nappes qui font un effet merveilleux, par l'opposition de leurs blancheurs avec les différentes couleurs du marbre, & la dorure des sculptures.

*Définition
des ber-
ceaux d'eau.* 1441. L'on fait aussi des *Berceaux d'eau* qu'on place ordinairement dans les allées d'un bosquet; on dispose sur deux lignes le long des plates-bandes plusieurs petits tuyaux qui répondent à de plus gros, & forment, par leur inclinaison, des jets paraboliques qui se croisent d'un côté à l'autre, & composent des arcades sous lesquelles on peut passer sans être beaucoup mouillés, comme dans les cinq allées du bosquet de l'étoile à Versailles.

*Définition
des arbres.* 1442. L'on peut encore, en faisant aboutir une conduite au pied d'un arbre, en détacher des tuyaux appliqués sur la tige, pour aller de là se répandre le long des branches par plusieurs petits rameaux, disposés de manière que l'eau jaillisse de toutes parts, ce qui produit un effet charmant par son mélange avec la verdure; c'est ainsi qu'à Versailles on a disposé avec beaucoup d'art *l'arbre d'eau ou chêne vert* situé au milieu de la pièce nommée le marais.

*Définition
des cascades.* 1443. Une *Cascade* est formée par une chute d'eau naturelle ou artificielle; elle ne peut avoir lieu qu'autant qu'il y a une éminence au sommet de laquelle on a de l'eau dont on peut disposer. Si elle est produite par une source abondante, ou qu'on l'y ait amené par une saignée, tirée d'un étang ou d'une rivière qui seroit dans le voisinage, alors c'est une cascade naturelle, comme est la fameuse de Tivoli qui passe pour une merveille; au lieu qu'on la nomme artificielle, lorsque l'eau, qui la fournit, est élevée par quelque machine, comme celle qui étoit autrefois derrière le Château de Marly, qu'on a détruit depuis quelques années, quoiqu'elle fût des plus magnifiques. Les cascades sont disposées en gradins de pierre ou de marbre, qui ont depuis dix jusqu'à quinze pieds de longueur, disposés sur une rampe comme les marches d'un escalier, soutenus de côté par des murs qui tiennent lieu de limon; tous ces gradins sont creusés sur leur longueur, afin d'avoir des rebords qui fassent ondoyer l'eau qui en sort. Au sommet de la cascade est un bassin qui reçoit l'eau de trois tuyaux, dont:

chacun se termine à la gueule d'un masque qui la dégorge, ce qui leur a fait donner le nom de *degueuleurs*; ils sont appliqués contre un mur comme aux fontaines ordinaires, & l'eau, avant que de tomber dans le bassin, est reçue dans trois grandes coquilles servant à former autant de nappes d'eau qui parcourent ensuite la cascade depuis le haut jusqu'en-bas.

1444. Je passe sous silence les différentes cascades que l'on voit à Versailles, mais je ne puis omettre celle de Saint Cloud, placée dans le jardin de ce Château, au milieu d'un bois sur un côteau qui regne le long de la rivière de Seine. Le jeu des eaux y forme un spectacle des plus ravissant, accompagné d'un grand nombre de pieces, qui font ensemble le plus beau morceau qui ait été exécuté jusqu'ici dans ce genre.

*Exposition
des cascades
des jardins
de Saint
Cloud &
de Sceaux;*

L'on voit aussi à Sceaux une fort belle cascade, accompagnée de plusieurs scenes qui en rendent l'aspect admirable, surtout dans un lieu aussi élevé que l'est le jardin, où l'on ne devoit point s'attendre d'y voir une aussi grande abondance d'eau; elle va se terminer dans un grand bassin au milieu duquel est un fort beau jet d'eau.

1445. Quand les cascades ont beaucoup de hauteur, on y fait dans le milieu un palier ou repos, où l'on place des tritons, dauphins & autres figures qui vomissent de l'eau pour varier le spectacle. Ces eaux étant reçues dans un bassin pratiqué sur le palier même, peuvent de là être conduites par des tuyaux pour former plusieurs jets au pied de la cascade, tant dans le grand bassin que dans ceux qu'on peut mettre à côté sur une même ligne. Alors, lorsque ces jets sont placés près à près, on les nomme *grilles* ou *aigres d'eau*; & comme je suppose que les eaux qui fournissent le palier sont tirées du réservoir d'en-haut, les nappes qui viendront de la rampe supérieure fourniront la rampe inférieure.

*L'on fait un
palier dans
le milieu
des grandes
cascades,
lorsqu'elles
ont beau-
coup de
hauteur;*

1446. Pour accompagner une cascade depuis le haut jusqu'en-bas, par quelque chose qui la termine agréablement de chaque côté, on y fait deux rangs de petits bassins de marbre servant à revêtir le dessus des murs rampans, que nous avons dit tenir lieu de limon; dans le milieu de chaque bassin est un jet, dont l'eau, à mesure qu'elle retombe, s'écoule par un tuyau qui la conduit pour fournir à un autre jet, & de là encore à un autre; car c'est toujours la même qui sort & qui rentre. J'entends que des deux rangées de bassins pratiqués sur chaque rampe, l'eau du premier, & qui est par conséquent à la tête de la cascade, passe par un ruyau qui fournit le jet du troisième bassin, de là celui du cinquième, ainsi de

*On accom-
pagne les
cascades
d'un grand
nombre de
petits jets
d'eau.*

suite, selon les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c. Voilà ce qui compose la première rangée; pour l'autre, l'eau du second bassin fournit au jet du quatrième; de celui-ci elle passe au sixième, ensuite au huitième, selon les nombres pairs 2, 4, 6, 8, 10, &c. Ainsi il n'y a que deux tuyaux qui, partant du bassin supérieur, fournissent sur chaque rampe le premier & le second jet, & cette même eau se repète pour entretenir tous les autres jets suivans, quand il y en auroit 100. Si l'on fait passer l'eau du premier bassin dans le troisième, & celle du second au quatrième, c'est afin de donner plus d'élévation à chaque jet; car si les bassins n'avoient, par exemple, que trois pieds de supériorité les uns sur les autres, les jets n'auroient qu'environ trois pieds de hauteur, au lieu que le troisième jet étant fourni par le premier bassin, il aura à peu près six pieds; il en sera de même des autres.

Emplacement des cascades.

1447. A côté de ces bassins, l'on place des pots de fleurs & de grands vases de marbre ou de bronze, & à droite & à gauche de la cascade l'on fait des escaliers de pierre, ou simplement des rampes de gazon. Quant à l'emplacement des cascades, il n'y a point de situation qui leur convienne mieux que dans un bois; la verdure des arbres & du gazon, l'ornement des figures & des vases, la blancheur des eaux, faisant un beau mélange & une opposition des plus agréables à la vue. D'ailleurs les grandes cascades ne se construisent ordinairement que pour corriger le mauvais effet que cause une colline ou autre éminence qui ôte la vue de la campagne de ce côté-là, & cette hauteur ne peut être mieux occupée que par un bois, qui donnant de la fraîcheur & de l'ombre, contribue à l'embellissement du jardin; c'est pourquoi on ne manque pas de planter des arbres dans ces sortes d'endroits, lorsqu'il ne s'y en trouve pas naturellement.

L'on pratique aussi d'autres cascades plus petites dans des niches de charmille ou de treillage, au milieu d'un ser à cheval d'escalier, ou à la tête d'une pièce d'eau; & pour plus de magnificence, on les accompagne de coquillage, de rocaille, de congélation, & on les décore par des figures convenables aux eaux, comme fleuves, tritons, nayades, nymphes des eaux, dragons, dauphins, chevaux marins, auxquels on fait vomir de l'eau par la gueule & par les narines.

Défnition des arcs de triomphe & pyramides d'eau.

1448. Les plus belles pièces qui conviennent encore aux eaux, sont les arcs de triomphe & les théâtres, construits de marbre & de treillages, auxquels l'on donne les différentes formes qui peuvent convenir à une décoration d'architecture, accompagnés de

bas reliefs, coupes, vases, girandoles, lustres de bronze doré. Versailles présente deux morceaux de cette espèce qui sont d'un goût exquis. Près de l'allée d'eau l'on trouve un arc de triomphe qui est un des plus surprenans morceaux de ce jardin enchanté ; quand les eaux jouent, l'on croiroit voir un Palais de cristal orné de tout ce que l'art & la magnificence peuvent offrir de plus éclatant : deux superbes buffets & quatre pyramides d'eau dans le goût de celles que l'on voit sur la première planche, ornent les deux côtés d'un bosquet, dans le fonds duquel sont plusieurs gradins qui aboutissent à une estrade répondant à une décoration que je n'entreprends point de décrire, persuadé que je n'en pourrois donner qu'une idée très-imparfaite : je dirai seulement, au sujet des *pyramides*, que plusieurs tuyaux montent intérieurement le long de leur quatre arêtes, pour répandre de l'eau sur des tables de plomb doré, placées à l'endroit de chaque échelon, & former autant de nappes d'eau qui se réunissent en tombant.

1449. Quand aux *théâtres d'eau* on en voit un à côté du marais près de la fontaine de Cérès, sa figure est presque ronde, disposée en théâtres & amphithéâtres, formés par des cascades accompagnées de rampes qui sont autant de berceaux d'eau, pratiqués dans des allées d'ormes : quatre niches de charmille renferment chacune une fontaine ornée de grandes coquilles de marbre, comprenant des groupes d'enfans de métal doré, qui semblent folâtrer autour d'un jet d'eau qu'on voit s'élever au milieu d'eux, mais ce qu'il y a de plus admirable, ce sont les décorations des scènes que l'eau présente par ses différentes manières de jaillir.

*Définition
des théâtres
d'eau.*

1450. L'on voit aussi à Fiescati, un fort beau théâtre d'eau, formé par une cascade & plusieurs niches pratiquées dans une décoration d'architecture, ornée de rocailles & de statues qui répandent l'eau de toute part. Ce Palais, près de Rome, comprend un grand nombre de riches & rares morceaux dans le goût de ceux dont nous parlons, entre autres une *grotte* qui renferme le Mont-Parnasse sur lequel on voit Apollon & les neuf Muses jouer de divers instrumens à bec qui rendent des sons très-mélodieux par le mouvement de l'air & de l'eau.

*Théâtre &
grotte d'eau
exécutés à
Fiescati,
superbe Pa-
lais près de
Rome.*

1451. Un des plus superbes morceaux que la nature & l'art ait jamais formés pour l'embellissement d'un jardin, est celui qui se trouve à un Château sur le Mont-Charles près de Cassel en Allemagne. Ce château & le jardin sont placés à mi-côte d'une montagne, du sommet de laquelle descend une grande abondance d'eau vive qui donne lieu au plus beau spectacle du monde.

*Courte description
des
pièces d'eau
d'un magni-
fique jardin
près de Cas-
sel en Alle-
magne.*

L'on a ménagé le long de la rampe plusieurs terrasses fort larges, sur lesquelles l'on a construit des grottes & des petits pavillons décorés d'une architecture rustique, composée de rocailles, congelations, pétrifications & coquillages de toutes sortes de couleurs; d'où il sort un nombre infini de bouillons d'eau. Sur une de ces terrasses est un amphithéâtre orné de statues, auxquelles le concours ingénieux de l'air & de l'eau font jouer divers instrumens de musique. Mais ce qui mérite le plus d'admiration, ce sont plusieurs grandes & magnifiques cascades le long desquelles l'eau descend d'une terrasse à l'autre, & qui donnent lieu en chemin faisant à des piéces d'eau de toutes sortes d'espece, qu'il n'est gueres possible de bien décrire, non plus que les sujets qui les accompagnent, sans entrer dans un détail que la brieveté de ce Chapitre ne me permet pas.

Je n'ignore point qu'il y a encore en différens endroits de l'Europe un grand nombre de magnifiques jardins, où les eaux jaillissantes sont ménagées avec beaucoup d'art; mais comme je n'ai point prétendu rapporter tout ce qu'on a exécuté de plus beau en ce genre, je m'en tiendrai aux exemples que je viens de citer, qui me paroissent suffisans pour fournir des idées à ceux qui seront dans le cas d'en faire usage.

*Conclusion
sur les différens
morceaux qui
peuvent
convenir à
la décoration
des jardins.*

1452. Voilà en général les différentes manieres dont on peut faire agir les eaux jaillissantes, & comme, excepté les nappes d'eau, tout le reste se rapporte à des jets différemment distribués, je vais traiter ce sujet amplement, afin qu'on puisse calculer la dépense des eaux selon la quantité qu'il en faudra pour chaque sujet, relativement à la dépense totale dont on peut disposer. On se rappellera que pour les grandes nappes qui coulent naturellement, il faut deux pouces d'eau pour chaque pied courant; à l'égard des autres nappes des cascades, celles des champignons & coupes provenantes des jets, comme elles n'ont pas besoin d'être aussi fournies, il suffira qu'elles dépensent un pouce d'eau par pied courant; ainsi supposant que la circonférence d'une coupe ou d'un champignon soit de 10 pieds, il faudra que le jet puisse dépenser 10 pouces d'eau.

Lorsque les cascades sont situées de façon, que leurs eaux après avoir fait leur esset, peuvent des bassins où elles vont se ramasser, fournir à d'autres jets placés beaucoup plus bas, & que le terrain est disposé par amphithéâtre, on peut donner à la premiere nappe plus d'un pouce & demi d'eau par pied courant, puisqu'alors le bassin supérieur devient en quelque sorte le réservoir général qui fournit tous les jets, ce qui ne doit pourtant s'entendre que dans les cas où il arrive que le sommet de la montagne est le point de

partage de toutes les eaux. Au reste, il n'y a que les lieux & les circonstances qui peuvent faire juger de l'économie avec laquelle il faudra en diriger la distribution, ainsi je ne m'y arrête pas davantage pour ne m'attacher qu'au détail des jets.

1453. L'on sçait que l'eau qui descend dans une des branches d'un tuyau recourbé, remonte toujours dans l'autre au même niveau, tant qu'elle y reste renfermée, mais si elle remonte librement sans être soutenue par les côtés comme sont les jets, la résistance de l'air jointe à la propre pesanteur de l'eau qui retombe sur celle qui sort immédiatement de l'ajutage, les empêche d'atteindre à la hauteur de leur réservoir. *Les jets d'eau ne vont point à la hauteur de leur réservoir.*

Comme plus un jet aura d'élévation, & plus il rencontrera de parties de l'air qui lui résisteront; il suit que les grands jets doivent moins s'élever à proportion que les petits, & que quand on voudra avoir un jet de 20 pieds de hauteur, il faudra nécessairement que celle du réservoir ait plus de 20 pieds. J'entens ici par la hauteur du réservoir, l'élévation de la surface de l'eau au-dessus de l'ajutage, & pour éviter toute équivoque, nous nommerons *défaut*, l'excès de la hauteur du réservoir sur celle du jet; par exemple, si l'on a un réservoir de 21 pieds 4 pouces de hauteur, & que le jet n'ait que 20 pieds, son défaut sera de 16 pouces.

1454. M. Mariotte a démontré au commencement de la quatrième partie de son Livre du mouvement des eaux, qu'ayant deux jets de différentes hauteurs, leurs défauts étoient dans la raison des carrés des hauteurs de ces mêmes jets; c'est-à-dire, que si le premier jet a une hauteur double de celle du second, le défaut du premier sera quadruple de celui du second; ainsi, dès qu'on connoitra la hauteur, & le défaut d'un jet, il sera aisé, ayant la hauteur d'un autre jet, d'en avoir aussi le défaut, par conséquent la hauteur de son réservoir. L'on sçait par expérience qu'un réservoir de 5 pieds un pouce de hauteur donne un jet de 5 pieds, si l'eau du réservoir est toujours entretenue à la même hauteur, & si elle coule sans contrainte dans le tuyau qui la conduit jusqu'à l'ajutage. *Les défauts des jets sont dans la raison des carrés des hauteurs des mêmes jets. Expériences sur ce sujet.*

1455. Prenant donc pour règle certaine que le défaut d'un jet de 5 pieds de hauteur, est d'un pouce; l'on trouvera, par exemple, le défaut d'un jet de 20 pieds, en disant comme le carré de 5 qui est 25, est au carré de 20 qui est 400, ainsi un est au quatrième terme qu'on trouvera de 16 pouces; par conséquent il faut, pour avoir un jet de 20 pieds, que le réservoir soit élevé de 21 pieds 4 pouces. *La hauteur d'un jet étant donnée, trouver celle de son réservoir.*

1456. Voici une table où l'on trouvera les différentes hauteurs *Table pour*

la hauteur
des jets &
des réservoirs.

des jets relativement à celles de leurs réservoirs; la première colonne marque la hauteur des jets, allant en augmentant de 5 pieds en 5 pieds; la seconde celle des réservoirs des mêmes jets au-dessus de l'ajutage; la troisième la hauteur des réservoirs qui croît en augmentant de 5 pieds en 5 pieds, & la quatrième celle des jets des mêmes réservoirs.

Théorie
pour le calcul de la
quatrième
colonne de
la Table.

1457. Pour dire un mot de la manière dont la quatrième colonne a été calculée, on remarquera que puisque les défauts des jets, sont dans la raison des carrés, des hauteurs des mêmes jets, qu'ayant la hauteur de deux réservoirs différens, & celle du jet qui répond au premier, on trouvera la hauteur du jet du second. Car, nommant a , la hauteur du premier réservoir; b , celle de son jet; c , la hauteur du second réservoir; x , celle de son jet; $a - b$, sera le défaut du jet b , & $c - x$, celui du jet x ; ce qui donne cette proportion; $bb, xx :: a - b, c - x$; d'où l'on tire, $axx - bxx = bbc - bbx$; & supposant $a - b = d$, l'on aura $dx = bbc - bbx$, ou $x = \frac{\sqrt{bbcc}}{d} + \frac{b^2}{4d} - \frac{b^2}{2d}$. Présentement supposant $a = 61$ pouces, $c = 360$ pouces ou 30 pieds, l'on aura $a - b$ ou $d = 1$; faisant le calcul, l'on trouvera que x , vaut 329 pouces ou 25 pieds 5 pouces, qui est l'élévation où doit monter un jet dont le réservoir est de 30 pieds de hauteur.

Remarque
au l'on fait
voir que la
règle pour
le défaut
des jets
n'a pas lieu
dans toutes
sortes de
cas.

1458. Il faut faire ici une remarque importante, qui paroît avoir échappée à M. Mariotte, & à tous ceux qui ont écrit sur le mouvement des eaux, qui est que les défauts des jets ne seront tels qu'on le voit marqué dans la table, qu'autant que l'ajutage se trouvera le point le plus bas de la conduite, pour que la vitesse de l'eau à l'instant de la sortie puisse être exprimée par la racine de la hauteur du niveau de l'eau du réservoir au-dessus du même ajutage; autrement si la conduite fait le siphon, & que la branche de fuite soit d'une hauteur sensible, la vitesse de l'eau ne sera point exprimée par la racine de la charge, c'est-à-dire, de la hauteur du niveau de l'eau au-dessus de l'ajutage, mais seulement par la différence des racines des hauteurs qui marqueront l'élévation du réservoir & de l'ajutage au-dessus du plus bas point de la conduite, parce que tout ce que nous avons dit au commencement du second Chapitre de ce Livre sur l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite, s'applique naturellement à la théorie des jets d'eau; c'est pourquoi je conseille de relire cet endroit pour mieux entrer dans ma pensée que je vais rendre sensible par un exemple.

Exemple

1459. Supposant que A représente un réservoir élevé de la hauteur

hauteur AB au-dessus du niveau BC d'un jardin, & que la conduite ABC réponde à la souche ou tige CD d'un ajutage D, qui fournit le jet DH placé au milieu d'un bassin; il est constant qu'en faisant abstraction des frottemens, le défaut de ce jet, eu égard à la hauteur, répondra à la règle de M. Mariotte; parce que la vitesse de l'eau à la sortie de l'ajutage D, pourra être exprimée par la racine de la hauteur AB, que je suppose extrêmement grande par rapport à CD. Mais si la conduite, au lieu de venir directement de B en C, formoit en passant par un vallon le siphon AEFG, pour venir ensuite de G en C, alors la vitesse de l'eau au point D ne devant plus être exprimée que par la différence des racines des hauteurs ML & KL, ne sera pas si grande que dans le premier cas, ce qui fera que le jet, au lieu de monter jusqu'en H, ne parviendra qu'en I; ainsi son défaut sera beaucoup plus grand qu'il ne devroit l'être naturellement, & d'autant plus qu'il y aura moins de différence entre les hauteurs ML & KL. Voilà la principale cause qui fait que dans plusieurs jardins, la hauteur des jets n'est pas à beaucoup près aussi grande qu'elle devroit l'être, parce que l'on a estimé leur défaut, en n'ayant égard seulement qu'à la hauteur de la charge, sans faire attention au chemin de la conduite.

Pour faire usage de la remarque précédente, nous supposons que la hauteur ML est de 50 pieds, & KL de 15 pieds 4 pouces; ainsi la charge MK sera de 34 pieds 8 pouces: si l'on cherche les vitesses par secondes, qui répondent aux deux premières chutes, l'on trouvera 54 pieds 9 pouces pour celle dont peut être capable la branche de chasse ABL, & 30 pieds 3 pouces pour celle de la branche de suite GFL, dont la différence est de 24 pieds 6 pouces, pour la vitesse que doit avoir l'eau à la sortie de l'ajutage D, qui répond à une chute de 10 pieds (608), & l'on trouvera dans la quatrième colonne de la première Table, que le jet ne montera qu'à 9 pieds 8 pouces, comme s'il étoit fourni par un réservoir de 10 pieds de hauteur seulement; ce qui montre bien l'erreur où l'on tomberoit, si l'on comptoit sur l'élévation du jet, dont peut être capable un réservoir élevé de 34 pieds 8 pouces.

1460. De quelque manière que les conduites soient disposées, les jets ne peuvent monter à une hauteur approchante de celle qu'on trouve par le calcul, qu'autant que le carré du diamètre de l'ajutage, multiplié par la vitesse de l'eau qui en sort, donne un produit égal ou moindre que celui du carré du trou pratiqué au fond du réservoir par la vitesse que l'eau peut avoir à sa sortie, com-

Tome II.

Ecc

relatif à
l'article
précédent.
PLAN. 2.
FIG. 3.

Pourquoi il
faut que le
diamètre de
l'ajutage
soit beau-
coup plus
petit que
celui de la
conduite.

PREMIERE TABLE.
DE LA HAUTEUR DES JETS D'EAU;
relativement à celle de leurs réservoirs.

Quatrième colonne, qui comprend la hauteur des jets pour les réservoirs de la troisième.		Troisième colonne, comprenant la hauteur des réservoirs pour les jets de la quatrième.		Seconde colonne, qui comprend la hauteur des réservoirs pour les jets de la première.		Première colonne, qui comprend la hauteur des jets d'eau en pieds.	
pieds.	pou.	pieds.	pou.	pieds.	pou.	pieds.	pou.
5	4	5	1	5		5	
10	9	10	4	10		10	
15	14	15	9	15		15	
20	18	21	4	21		20	
25	23	27	1	27		25	
30	27	33	9	33		30	
35	31	39	1	39		35	
40	35	45	4	45		40	
45	39	51	9	51		45	
50	43	58	4	58		50	
55	47	65	1	65		55	
60	51	72	0	72		60	
65	54	79	1	79		65	
70	58	86	4	86		70	
75	62	93	9	93		75	
80	65	101	4	101		80	
85	69	109	1	109		85	
90	72	117	0	117		90	
95	75	125	4	125		95	
100	79	133	4	133		100	

me on l'a expliqué dans l'article 532; encore faut-il, pour bien faire, que la quantité d'eau que pourroit fournir la conduite, soit plus grande que celle que l'ajutage dépensera, afin d'avoir égard aux circonstances rapportées dans les articles 1218 & 1219; d'où il est aisé de déduire pourquoi, lorsqu'on supprime l'ajutage d'un jet, l'eau cesse de monter à sa hauteur ordinaire, & ne forme plus en sortant à gueule bée, qu'une grosse gerbe qui a peu d'élévation.

Il suit que si dans l'article 1459, l'on supprimoit l'ajutage D, pour laisser sortir l'eau à gueule bée, il s'en faudroit bien qu'elle pût monter à la hauteur de 9 pieds 8 pouces, puisque c'est tout ce qu'elle pourroit faire, si la charge étoit complète, c'est-à-dire, si sa vitesse, en descendant dans la branche de fuite, étoit presque insensible.

Si l'on se rappelle ce que nous avons exposé sur les frottemens de l'eau dans les articles 1220 & 1221, l'on verra que la hauteur des jets doit encore être altérée de cette part, & d'autant plus que la conduite sera plus longue. Plusieurs personnes qui ont fait des expériences sur ce sujet, prétendent que lorsque le diamètre de la conduite est proportionné à celui de l'ajutage, le défaut des jets augmente d'un pied sur 100 toises de longueur de conduite.

1461. Les différentes causes qui altèrent la vitesse de l'eau, ne pouvant diminuer la hauteur des jets, sans diminuer aussi leur dépense, il ne paroît pas qu'on puisse mieux l'estimer dans la pratique que relativement à une expérience; & comme M. Mariotte a déduit de celles qu'il a fait sur ce sujet. *Qu'un réservoir de 52 pieds de hauteur, ayant une conduite de 3 pouces de diamètre & un ajutage de 6 lignes, dépensoit 8 pouces d'eau, ou 112 pintes par minute, en formant un jet qui s'élevoit à peu près à la hauteur où il devoit atteindre.* Nous nous servirons de ces nombres pour les règles que nous allons établir, en considérant, comme le dit M. Mariotte: *qu'on peut prendre pour fondement, qu'un réservoir de 52 pieds, doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diamètre quand l'ajutage est de 6 lignes, & que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.**

1462. Quand on veut faire un jet, le diamètre de l'ajutage doit se régler sur la quantité d'eau que peut fournir le réservoir, ou sur la partie qu'on destine pour ce sujet, relativement à la distribution générale; Ainsi supposant qu'on veuille avoir un jet qui dépense 310 pintes d'eau par minute, provenant d'un réservoir de 80 pieds de hauteur, on demande le diamètre de l'ajutage.

Expérience de M. Mariotte sur la dépense des jets d'eau, relativement à la hauteur du réservoir & aux diamètres de la conduite & de l'ajutage.

**Au commencement de la cinquième Partie de son Traité du Mouvement des eaux.*

Manière de déterminer le diamètre des ajuta-

Eccij

ges; ou
égard à la
dépense du
jet.

Il faut se rappeler, que la dépense de deux réservoirs de différentes hauteurs, & qui répondent à des ajutages inégaux, sont dans la raison composée des racines des hauteurs des réservoirs ou des vitesses de l'eau, & des quarrés des diamètres des ajutages (452), ainsi nommant x , le diamètre que l'on cherche; l'on aura en suivant la

règle d'expérience dont on vient de faire mention: $\sqrt{52 \times 6}$, 112 pintes :: $\sqrt{80 \times x}$, 310 pintes; ou $\sqrt{52 \times 36}$, 112 :: $\sqrt{80 \times x}$, 310. Pour rendre cette proportion moins composée, on peut en faire évanouir les signes radicaux, en cherchant une moyenne proportionnelle entre 52 & 80, qui sera $64\frac{1}{2}$, alors on pourra se servir des nombres 52 & $64\frac{1}{2}$ à la place de $\sqrt{52}$ & de $\sqrt{80}$, & l'on aura 52×36 , 112 :: $\frac{112}{5} \times x$, 310; ou 1872, 112 :: $\frac{312 \times x}{5}$, 310, d'où

l'on tire $\frac{36176 \times x}{5} = 580320$; ou $x = \frac{\sqrt{1901500}}{36176} = 9$ lignes, qui fait voir que le diamètre de l'ajutage doit être de 9 lignes.

Usage d'une
Table pour
connoître la
dépense des
jets, en
égard à la
hauteur de
leurs réservoirs.

1463. Comme les calculs précédens, quoique fort simples, ne laisseroient pas que d'embarasser ceux qui ont plus de pratique que de théorie; je joins ici une seconde Table fort commode, pour connoître tout d'un coup la dépense en pintes des ajutages, qui auroient depuis 2 jusqu'à 30 lignes de diamètre, pour les différentes hauteurs des réservoirs depuis 5 jusqu'à 100 pieds de hauteur, allant en augmentant de 5 pieds en 5 pieds; par exemple, l'on a un réservoir de 40 pieds de hauteur, d'où l'on veut tirer 280 pintes, ou 20 pouces d'eau par minute pour faire un jet, l'on demande la grandeur du diamètre de l'ajutage, pour que le jet aille à la plus grande hauteur, & qu'il dépense à peu près la quantité d'eau donnée. Il faut chercher le nombre 40 dans la première colonne, qui comprend la hauteur des réservoirs, & sur le même alignement prendre le nombre qui approche le plus de 280 qui est ici 270, ensuite remonter jusqu'au sommet, on trouvera 10 pour le diamètre de l'ajutage, parce que tous les nombres qui sont au sommet des colonnes de cette Table, marquent les diamètres des ajutages & ceux qui sont au-dessous, leur dépense, en égard à la hauteur des réservoirs.

Connoître
la hauteur
du réservoir
et le
diamètre de
l'ajutage;
trouver la
dépense du
jet.

1464. Ayant la hauteur d'un réservoir de 60 pieds, & le diamètre de l'ajutage de 8 lignes, il faut pour connoître la dépense du jet, chercher dans la première colonne le nombre 60, aller sur le même alignement jusqu'au-dessous du diamètre de 8 lignes, & l'on trouvera 212 pintes pour la dépense du jet.

1465. Connoissant la dépense d'un jet de 150 pintes par minutes pour un ajutage de 7 lignes de diamètre, trouver la plus grande hauteur où le jet pourra atteindre; il faut chercher au sommet de la Table le diamètre 7, & parcourir sa colonne jusqu'au nombre le plus approchant de 150, qu'on trouvera de 147; ensuite sur le même alignement prendre dans la première colonne le nombre correspondant, qui est de 50 pieds pour la hauteur du réservoir, qui répond dans la première Table à un jet de 43 pieds 3 pouces de hauteur.

Connoître le diamètre de l'ajutage & la dépense du jet, trouver la hauteur.

1466. Plus les réservoirs sont élevés, & plus l'eau doit couler avec vitesse dans les tuyaux de conduite; mais si elle rencontre des obstacles en chemin qui la retardent, les jets n'iront pas à toute la hauteur qui leur convient, & c'est ce qui ne manque jamais d'arriver lorsque les tuyaux sont trop étroits, parce que l'eau ne coulant point librement, les ajutages ne sont pas fournis aussi abondamment qu'ils devroient l'être. C'est pourquoi il ne faut pas toujours juger de la hauteur d'un réservoir, ni de la quantité d'eau qu'il peut dépenser par la hauteur du jet qui lui répond, puisqu'il arrive souvent qu'un réservoir élevé de 50 pieds, donne un jet qui ne monte qu'à 25 ou 30 pieds. Ainsi lorsqu'on voudra juger de la dépense d'un jet, il suffira de connoître sa hauteur & le diamètre de son ajutage, sans se mettre en peine de l'élévation de son réservoir; il faut chercher seulement celle qui doit convenir au jet dont il s'agit.

Quand les tuyaux de conduite sont trop étroits, les jets ne dépensent pas selon la proportion de la hauteur de leurs réservoirs.

1467. L'on a un jet de 35 pieds de hauteur, & de 11 lignes de diamètre, l'on veut savoir la quantité d'eau qu'il dépense: il faut chercher dans la première Table la hauteur du réservoir qui doit convenir à un tel jet, on trouvera 39 pieds 1 pouce; ensuite dans la première colonne de la seconde Table, voir le nombre le plus approchant de 39 pieds, qui est 40, & sur le même alignement au-dessous du diamètre de 11 lignes, prendre le nombre 328 pour la dépense du jet par minute.

Connoître la hauteur d'un jet & le diamètre de son ajutage, trouver ce qu'il dépense.

1468. Il est donc essentiel quand on veut que les jets atteignent toute leur hauteur, que les tuyaux de conduite soient d'une grosseur convenable, c'est-à-dire, proportionnée à la quantité d'eau qui doit y passer dans le même temps, & pour cela il faut que les racines carrées de leurs diamètres, soient dans la raison de la dépense des jets, ou comme les racines carrées de la hauteur des réservoirs; mais ayant vu (1461), qu'un tuyau de conduite de 3 pouces de diamètre, qui répondoit à un ajutage de 6 lignes, dont la dépense étoit de 112 pintes par minute, fournissoit un jet qui montoit à toute hauteur, cette ex-

Il faut que les racines carrées des diamètres des tuyaux de conduite, soient entre eux comme les racines carrées des hauteurs du réservoir.

SECONDE TABLE

Qui comprend la dépense en pintes des Jets d'eau par minutes.

Diamètre des ajutages.	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Hauteur des Réservoirs au-dessus des ajutages, exprimée en pieds.	3 $\frac{1}{2}$	8	14	23	33	45	59	75	93
	5 $\frac{1}{4}$	12	21	33	48	65	85	108	133
	6 $\frac{1}{2}$	15	26	40	58	80	104	132	163
	7 $\frac{1}{2}$	17	30	47	68	92	120	152	189
	8 $\frac{1}{2}$	19	34	54	77	106	138	174	215
	9 $\frac{1}{2}$	21	37	58	83	114	149	188	232
	10 $\frac{1}{2}$	23	40	64	91	124	162	205	254
	10 $\frac{1}{2}$	24	43	68	97	132	173	220	270
	11 $\frac{1}{2}$	26	46	72	104	141	184	232	288
	12 $\frac{1}{2}$	27	48	75	109	147	192	244	301
	12 $\frac{1}{2}$	28	50	78	114	154	201	255	315
	13 $\frac{1}{2}$	30	53	82	119	162	212	268	331
	13 $\frac{1}{2}$	31	55	86	124	169	220	279	344
	14 $\frac{1}{2}$	32	57	90	130	177	231	292	361
	14 $\frac{1}{2}$	33	59	92	134	181	238	300	371
	15 $\frac{1}{2}$	34	61	95	138	187	245	310	383
	15 $\frac{1}{2}$	35	63	98	140	193	252	321	392
	16 $\frac{1}{2}$	36	65	102	147	200	268	330	409
	16 $\frac{1}{2}$	37	67	104	150	205	272	339	420
	17 $\frac{1}{2}$	38	69	107	154	211	275	348	430

SUITE

407

De la Table pour la dépense des Jets d'eau.

Diamé- tre.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	112	134	157	182	210	238	269	302	336	373
10	161	192	225	261	300	341	385	432	481	533
15	197	235	275	320	367	417	471	529	589	652
20	228	272	319	370	425	483	545	605	681	755
25	274	310	363	422	484	551	622	697	777	861
30	281	335	393	456	523	594	672	753	840	930
35	307	366	429	498	572	650	734	823	912	1016
40	328	390	457	530	609	693	782	877	977	1083
45	349	415	487	565	648	737	832	933	1040	1152
50	364	434	509	590	677	771	871	976	1088	1205
55	381	455	533	618	710	808	913	1023	1140	1263
60	400	477	560	649	745	848	957	1073	1195	1325
65	414	495	584	676	774	880	995	1116	1248	1376
70	437	520	610	701	812	924	1043	1170	1303	1444
75	449	536	628	724	828	952	1074	1200	1342	1472
80	463	552	647	751	862	981	1107	1242	1383	1533
85	479	570	667	772	890	1008	1143	1280	1428	1568
90	496	589	691	801	920	1047	1182	1325	1476	1536
95	507	604	709	822	944	1074	1213	1359	1514	1678
100	521	620	728	844	969	1102	1245	1395	1555	1723

SUITE

De la Table pour les dépenses des Jets d'eau.

Diamé- tre.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	411	451	493	537	583	630	680	730	784	840
10	588	645	705	768	833	900	972	1044	1120	1200
15	719	781	854	940	1022	1100	1190	1280	1371	1468
20	826	914	1000	1088	1180	1276	1368	1480	1588	1700
25	940	1041	1138	1240	1345	1452	1569	1688	1811	1936
30	1025	1126	1230	1340	1453	1572	1695	1824	1956	2092
35	1120	1230	1344	1464	1588	1716	1845	1992	2136	2288
40	1193	1310	1432	1490	1602	1828	1982	2120	2279	2436
45	1271	1394	1524	1660	1800	1948	2098	2260	2422	2592
50	1329	1458	1594	1736	1883	2036	2199	2360	2534	2708
55	1393	1530	1670	1849	1973	2132	2302	2472	2655	2840
60	1460	1606	1751	1971	2070	2240	2414	2596	2786	2980
65	1521	1656	1828	2023	2150	2336	2508	2704	2893	3096
70	1592	1747	1910	2077	2256	2440	2630	2804	3036	3248
75	1629	1796	1967	2144	2300	2512	2682	2896	3095	3312
80	1690	1855	2027	2208	2395	2588	2790	3004	3223	3448
85	1737	1916	2093	2280	2450	2668	2858	3088	3297	3528
90	1803	1979	2163	2356	2556	2764	2979	3204	3440	3680
95	1850	2031	2219	2417	2622	2836	3058	3288	3528	3776
100	1900	2085	2278	2481	2692	2912	3132	3376	3623	3876

pénitence

périence pourra donc servir de base pour trouver le diamètre de tel tuyau de conduite que l'on voudra, dès qu'on sçaura la dépense de son jet.

1469. Par exemple, l'on a un réservoir de 50 pieds de hauteur, d'où l'on veut tirer un jet, dont l'ajutage est de 9 lignes, l'on trouvera dans la seconde Table, qu'afin que le jet atteigne à sa plus grande hauteur, il doit dépenfer 244 pintes par minute; & voulant sçavoir quel diamètre il faudra donner au tuyau de conduite, pour que l'eau, coulant sans contrainte, fournisse abondamment l'ajutage, il faut faire cette analogie. Si 112 pintes donnent 9 pour le quarré du diamètre de 3 pouces, que donneront 244 pintes pour le quarré du diamètre que l'on cherche; l'on trouvera $19\frac{7}{8}$, dont la racine quarrée est environ 4 pouces 5 lignes pour le diamètre du second tuyau, auquel on ne fera pas mal de donner 5 pouces.

Puisque la grosseur des tuyaux de conduite doit être proportionnée à la quantité d'eau qui doit passer par les ajutages, il suit que lorsque les réservoirs auront la même hauteur, les diamètres des tuyaux de conduite seront dans la raison de ceux de leurs ajutages.

1470. Pour donner à ceux qui s'attachent à la conduite des eaux, toutes les facilités qu'ils peuvent désirer dans la pratique, je joindrai encore une troisième Table pour les diamètres des tuyaux de conduite relativement à la hauteur des réservoirs & à la grandeur des ajutages, par conséquent à la dépense des jets.

Les diamètres des tuyaux de conduite se trouvent au sommet de la Table, & vont en augmentant depuis 2 pouces jusqu'à 12. La première colonne comprend la hauteur des réservoirs, & dans toutes les autres l'on trouve les diamètres en lignes des ajutages, relativement à la hauteur des réservoirs, & à la grosseur des tuyaux de conduite.

1471. Ayant un réservoir de 25 pieds de hauteur & le diamètre de l'ajutage de 6 lignes, on demande celui du tuyau de conduite il faut chercher dans la première colonne le nombre 25, aller sur le même alignement jusqu'au nombre 6, diamètre de l'ajutage, on trouvera au sommet de la colonne 2 pouces & demi pour celui de la conduite.

1472. La hauteur du réservoir étant donnée de 30 pieds, & le diamètre du tuyau de conduite de 6 pouces, on demande celui de l'ajutage. Ayant cherché dans la première colonne le nombre 30, il faut aller sur le même alignement au-dessous du diamètre de 6

Manière de déterminer les diamètres des tuyaux de conduite, en égard à la dépense des jets.

Usage d'une Table pour la proportion des diamètres des tuyaux de conduite.

Connaissons la hauteur du réservoir & le diamètre de l'ajutage, trouver celui du tuyau de conduite.

La hauteur du réservoir étant donnée, trouver le diamètre de l'ajutage.

TROISIEME TABLE.

*Qui comprend les diametres des tuyaux de conduite, & ceux des
ajutages, relativement à la hauteur des réservoirs.*

Diamé- tre.	2	2½	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	7	8	10	14	17	21	24	28	31	35	38	42
10	6	8	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
15	5	6	8	10	13	16	19	21	24	27	30	32
20	5	6	7	10	12	15	17	20	23	25	28	30
25	4	6	7	9	12	14	16	19	21	24	26	28
30	4	5	7	9	11	13	16	18	20	23	25	27
35	4	5	6	8	11	13	15	17	20	22	24	26
40	4	5	6	8	10	12	15	17	19	21	23	25
45	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
50	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
55	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
60	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
65	3	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22
70	3	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22
75	3	4	5	7	9	10	12	14	15	18	19	21
80	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	19	21
85	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21
90	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21
95	3	4	5	6	8	10	12	13	15	17	18	20
100	3	4	5	6	8	10	12	13	15	17	18	20

pouces, qui se trouve au sommet de la Table, & prendre le nombre 13 qui marque que le diamètre de l'ajutage doit avoir 13 lignes.

Diamètre du tuyau de conduite, trouver celui de l'ajutage.

De même connoissant le diamètre de l'ajutage de 15 lignes, & celui du tuyau de conduite de 7 pouces, on demande la hauteur du réservoir ou celle du jet; il faut chercher au sommet de la Table le diamètre de 7 pouces, descendre dans la colonne qui lui répond jusqu'au nombre 15, & sur le même alignement prendre dans la première colonne la hauteur que l'on cherche, on la trouvera de 35 pieds, qui répond dans la première Table à un jet de 31 pieds 7 pouces.

1473. Ayant un jet de 18 pieds & demi de hauteur, & le diamètre de l'ajutage de 10 lignes, on demande celui du tuyau de conduite; il faut chercher dans la première Table, la hauteur du réservoir qui convient à un jet de 18 pieds & demi, ou à celui qui en approche le plus, on trouvera qu'elle doit être de 20 pieds. Cela posé, il faut chercher dans la troisième Table le nombre 10, répondant au réservoir de 20 pieds de hauteur; l'on trouvera au sommet de la colonne le nombre 4, qui marque que le tuyau de conduite doit avoir 4 pouces de diamètre. Je crois qu'il ne sera pas mal pour plus d'intelligence, de donner encore un exemple, qui fasse voir l'usage des trois Tables à la fois.

Connoître la hauteur d'un jet & le diamètre de son ajutage, trouver celui du tuyau de conduite.

1474. Je suppose que dans le voisinage d'un jardin, l'on a une machine qui élève l'eau à 60 pieds de hauteur, & fournit 200 pintes par minutes, ou que si elle donne une plus grande quantité, l'on en destine seulement 200 pintes pour faire un jet qui doit aller sans cesse à toute la hauteur qu'il peut atteindre; l'on veut savoir le diamètre qu'il faudra donner à l'ajutage, celui du tuyau de conduite, & la hauteur qu'aura le jet. On commencera par chercher dans la première Table la hauteur du jet qui répond à un réservoir de 60 pieds d'élévation, on trouvera 15 pieds 2 pouces; ensuite voir dans la seconde Table quel est le diamètre de l'ajutage, qui doit dépenser 200 pintes par minute, venant d'un réservoir de 60 pieds de hauteur, on trouvera qu'il doit être de 8 lignes. Il est vrai que l'on ne rencontre pas dans cette Table exactement 200 pintes, puisque l'ajutage de 8 lignes répond à 212; mais cette différence est d'une trop petite conséquence pour ne pas s'en tenir au nombre le plus approchant. Dans la troisième Table on trouve qu'un jet d'un ajutage de 8 lignes, ayant un réservoir de 60 pieds de hauteur, doit avoir un tuyau de conduite de 5 pouces de diamètre. On ne rencontre pas non plus dans l'alignement de la hau-

Manière de faire usage des trois Tables à la fois.

teur de 60 pieds un ajutage précisément de 8 lignes; mais il faut se contenter de celui de 9, préférablement à celui de 7, qui se trouve immédiatement auparavant, afin d'avoir un tuyau de conduite, dont la grosseur soit plutôt au-dessus qu'au-dessous de la véritable.

De la figure la plus avantageuse qu'il conviendrait de donner aux ajutages.

1475. A l'égard des ajutages, on les fait ordinairement de figure cylindrique ou conique; les cylindriques sont les plus mauvais, parce qu'ils diminuent beaucoup la hauteur du jet; les coniques sont moins défectueux, mais ils sont encore à rejeter. M. Mariotte a fait beaucoup d'expériences sur ce sujet, & n'en a point trouvé qui fissent un meilleur effet que de les composer d'une simple platine de cuivre, percée dans le milieu d'un trou circulaire du diamètre convenable au jet, & d'appliquer cette platine horizontalement sur l'extrémité de la souche; mais il faut qu'elle soit polie & bien de niveau, autrement il y auroit de petits filets d'eau qui s'écarteroient de côté, ce qui rendroit le jet défectueux; au lieu que pour être beau, il doit être uniforme & transparent au sortir de l'ajutage, jusqu'au sommet où il ne se doit diviser que très-peu.

Voyez la figure 156 de la Planchette 3. du Chapitre 15.

Voici le profil d'un ajutage que je rapporte comme le plus parfait. ABCD exprime l'extrémité de la souche faite de plomb, qui sert de tige au jet, sur lequel est entée une virolle de cuivre BFGC par le moyen d'un nœud de soudure EH; la partie supérieure FG de cette virolle est tournée en vis pour s'ajuster avec son écrou, pratiqué dans l'intérieur de la base IK de l'ajutage ILMK dont la lumière NO que nous avons confondu jusqu'ici avec l'ajutage même, n'est qu'un trou placé tout uniment dans le milieu de la platine LN, qui doit avoir 3 lignes d'épaisseur pour les grands jets, & 2 pour les médiocres; une plus grande épaisseur ne seroit que causer plus de frottement, & diminuer la hauteur du jet; comme cela ne manque point d'arriver sensiblement, lorsque l'on applique sur la lumière un bout de tuyau de 5 ou 6 pouces pour le faire passer dans la gueule d'un animal, d'où l'on fait sortir le jet dans l'intention d'orner le bassin; ce tuyau causant le même désaut qu'un ajutage cylindrique.

Pour que les jets puissent atteindre à toute leur hauteur, il faut bien prendre garde de ne point retrecir le passage de l'eau à la sortie du réservoir pour entrer dans la conduite, comme cela arrive souvent de la part des soupapes ou crapaudines qu'on y place; il convient au contraire d'évaluer l'entrée des conduites, afin que le diamètre de la soupape ait au moins 2 pouces de plus que celui du tuyau.

1476. Il arrive souvent qu'on est obligé de faire aboutir plusieurs tuyaux à un seul, alors il faut déterminer son diamètre relativement à la grosseur des rameaux, pour qu'il puisse en recevoir l'eau, de manière qu'elle coule aussi librement qu'auparavant; par exemple l'on a trois tuyaux venant d'autant de sources différentes; le premier a 4 pouces de diamètre, le second 6, & le troisième 7; on veut les rassembler en un seul qui les contienne tous trois: pour cela il faut ajouter ensemble les quarrés des nombres précédens; l'on aura 101 pour la somme dont il faut extraire la racine quarrée, qui est environ 10 pouces pour le diamètre du tuyau que l'on demande.

Des rameaux ou branches qui aboutissent à une conduite principale.

1477. Ayant un tuyau de conduite de 9 pouces de diamètre, on en veut tirer un rameau de 5 pouces, on demande quel doit être le diamètre de la continuation du premier pour conduire l'eau qui lui restera. Il faut quarrer 9 & 5, ôter le petit quarré du grand, la différence sera 56, dont la racine est 7 pouces 5 lignes pour le diamètre que l'on demande, qu'il convient de faire plus grand, parce que les petits tuyaux ont plus de surface, par conséquent plus de frottement à proportion que les gros.

Manière de tirer plusieurs rameaux d'un tuyau principal.

L'on a un tuyau principal de 10 pouces de diamètre, on veut, pour former une grille d'eau, en tirer plusieurs rameaux de 3 pouces, on demande combien on en pourra avoir; il faut diviser le quarré de 10 par le quarré de 3, & l'on en trouvera 11. Comme tous les problèmes de cette espèce, se rapportent aux simples éléments de la Géométrie, je ne m'arrêterai pas à en donner d'autres exemples. Au reste on se sert fort utilement des rameaux branchés sur une ou plusieurs conduites principales, pour distribuer l'eau aux différens jets que l'on veut former, sans être obligé de la tirer immédiatement du réservoir, ce qui multiplieroit considérablement le nombre des tuyaux, qu'il faut toujours faire en sorte d'économiser le plus qu'il est possible.

1478. Quand on a des réservoirs fort élevés, l'on ne donne pas toujours aux jets toute la hauteur qu'ils pourroient atteindre, parce qu'on aime mieux qu'ils ayent plus de grosseur, & moins d'élévation, lorsqu'on les destine à former des gerbes, champignons, ou bouillons d'eau; pour cela on diminue le diamètre des conduites qui répondent à ces jets, & l'on augmente celui de l'ajutage, pour sortir de la proportion qu'ils devroient avoir naturellement, ou bien l'on peut, selon l'article 532, ne laisser entrer dans la conduite qu'une certaine quantité d'eau qui donne une charge convenable à la hauteur du jet.

Il y a des cas où l'on ne donne point aux jets toute la hauteur qu'ils pourroient atteindre.

Des robinets, ventouses qu'il convient de faire aux tuyaux de conduite.

1479. Quand l'eau d'un réservoir descend perpendiculairement ou le long d'une pente fort roide; il convient de mettre au bas de la conduite un robinet, que l'on ouvre quand on veut mettre l'eau en voie, afin que l'air dont elle vient occuper la place puisse s'évacuer promptement, sans quoi le tuyau seroit en danger de crever s'il n'y avoit d'autres sorties que la lumière de l'ajutage. Il faut aussi avoir des puisards placés dans les endroits les plus convenables, avec des robinets pour mettre les tuyaux en décharge en cas de besoin, & ménager des ventouses dans les coudes ainsi qu'au sommet des pentes, pour donner de l'échappement à l'air que l'eau entraîne avec elle; j'ajouterai que les conduites doivent passer sous les allées, & jamais sous les pieces qui pourroient souffrir des réparations qu'on seroit dans le cas de faire.

Dans bien des cas les eaux machines sont préférables à celles qui viennent des sources.

1480. Quand on a un courant dans le voisinage d'un jardin situé à la campagne, on aime mieux aujourd'hui, s'en servir pour élever l'eau dans un réservoir par le moyen d'une machine, afin de la faire jaillir, que d'amener de loin à grands frais les différentes sources qui se trouveroient assez élevées pour remplir le même objet, ce qui arrive rarement; au lieu qu'avec une machine on donne au réservoir autant d'élévation qu'on le juge nécessaire, on jouit de l'avantage d'avoir la source renfermée chez soi, & on n'a pas le désagrément de voir le cours de l'eau interrompu par la méchanceté des payfans, qui cassent les tuyaux expés pour mortifier le Seigneur: d'ailleurs ces eaux étrangères engagent à des indemnités, en faveur de ceux sur les terres desquels les conduites passent, causent souvent des contestations avec d'autres Seigneurs qui prétendent avoir droit de les partager; en un mot ce sont des sources à procès.

Quand on sçait mettre tout à profit, l'on peut marier la machine avec un moulin à bled, de maniere que la même roue puisse faire agir à la fois la meule & deux corps de pompes. Si le courant a assez de force; le pis-aller sera de faire agir la meule pendant le jour, & les pompes la nuit, dès qu'on aura un réservoir assez grand pour fournir pendant plusieurs heures à la dépense des eaux jaillissantes. Je ne dis rien de la construction de la machine, parce que le troisième Livre en présente de toute espece, laissant à la prudence de ceux qui seront chargés de l'exécution d'en faire un choix convenable à la situation du lieu, & à la dépense qu'on veut faire.

Si le Château étoit dans une plaine, & qu'on n'eût qu'un simple ruisseau, ou une source fort abondante; alors je crois que le meilleur

leur parti qu'on puisse prendre, seroit de construire une machine mue par un cheval à l'imitation de celle du Val Saint-Pierre (988), en redoublant les pompes, & en suivant toutes les instructions que j'ai donné à ce sujet.

Enfin, si le Château étoit situé sur une éminence, l'on pourra faire une ou plusieurs machines mues par le vent, qui élèveront l'eau à telle hauteur que l'on voudra, soit qu'on la tire d'une source, ou d'un puits, comme il s'en rencontre aux environs de Paris, il est vrai que j'ai donné peu d'exemples de ces sortes de machines dans le second Chapitre du troisième Livre, parce que leur construction se rapportant toujours à des pompes, manivelles, rouets, lanternes ou balanciers, auxquels il n'est plus question que d'appliquer le moteur : le point essentiel se réduisoit à donner aux ailes qui doivent recevoir l'impression du vent, la situation la plus avantageuse, & d'en faire exactement le calcul, c'est pourquoi je m'y suis attaché autant qu'on peut le désirer, sans me mettre beaucoup en peine du reste que j'ai laissé à l'industrie de ceux qui liront mon Livre avec fruit.

1481. Soit que les eaux proviennent de plusieurs sources rassemblées par des tranchées de recherche & tuyaux, ou qu'on les élève par le moyen d'une machine, l'on ne peut se dispenser de les conduire dans un grand réservoir, qui fournisse abondamment, pendant plusieurs heures les différentes pièces d'eau destinées à l'embellissement d'un jardin. Si le château est placé au pied d'une montagne ou à mi-côte, la situation qui convient le mieux à l'emplacement du réservoir est de le creuser en terre au sommet de la montagne ; parce qu'alors faisant le jardin en pentes, accompagnés de terrasses, on pourra, avec une petite quantité d'eau bien ménagée, & répétée sous différentes formes, présenter un grand nombre d'objets ; parce que les bassins qui recevront l'eau des pièces les plus élevées, serviront de réservoirs à celles qui se trouveront au-dessous, ainsi de suite par cascades jusqu'à l'endroit le plus bas, où elles seront reçues pour la dernière fois dans un canal qui leur servira de décharge.

Si l'on n'a point d'endroits commodes pour pratiquer un réservoir creusé en terre, il faudra alors de nécessité en élever un de plomb, soutenu en l'air sur des piliers de maçonnerie liés ensemble par des arcades, comme est celui du château d'eau à Versailles, qui fournit toutes les eaux jaillissantes du jardin ; alors, pour la construction d'un tel réservoir, on pourra se conformer à ce que j'ai insinué dans l'article 1414.

Des réservoirs qui contiennent l'eau destinée à la distribution générale pour la décoration d'un jardin.

M. Sirebeau a fait exécuter en 1738 un magnifique réservoir de cette espèce au milieu de la grande cour des petites Maisons à Paris. Il est renfermé dans un bâtiment isolé qui a intérieurement 32 pieds de longueur, sur 28 de largeur; dont les murs ont 2 pieds & demi d'épaisseur, traversés par deux fortes poutres chacune soutenue dans le milieu par un pilier de pierre de 2 pieds en carré, & de 20 pieds de hauteur; ces poutres servent à porter le plancher sur lequel est assis le réservoir formé de tables de plomb soutenues par une carcasse de charpente, autour de laquelle il y a une galerie de 3 pieds de largeur. Le réservoir a 26 pieds de longueur sur 22 de largeur & de profondeur, contenant 286 muids d'eau qui coule de là dans plusieurs autres réservoirs plus petits, placés dans les cuisines, offices, boulangeries & blanchirie, d'où elle est encore distribuée par des tuyaux & robinets dans tous les endroits de la maison où on peut en faire usage; cette eau vient des cuvettes de la fontaine de la Charité qui est fournie par les pompes de la machine appliquée au Pont Notre-Dame. J'ai cru qu'il convenoit de citer cet exemple pour donner une idée de la manière de distribuer l'eau dans une grande maison; je reviens à mon sujet.

A l'égard des réservoirs creusés en terre, on jugera de la construction qui peut leur convenir le mieux par celle des bassins sur lesquels je vais m'étendre.

De quelle manière l'on doit construire les bassins pour être bien ébranchés.

PLAN. 55

FIG. 2.

1482. Si l'on considère la seconde figure de la planche 55, l'on verra qu'elle représente le profil d'un bassin, tels qu'on les fait dans les jardins lorsqu'on veut qu'ils soient bien conditionnés & capable de tenir l'eau comme un vase. Il y a peu d'ouvrages qui demandent d'être fabriqués avec plus de soins; car, si on ne réussit pas du premier coup, l'on ne doit point se flatter d'en pouvoir réparer la mauvaise façon.

Après avoir déterminé le diamètre du bassin & sa profondeur, que nous avons dit devoir être depuis 20 jusqu'à 24 pouces, l'on fait une fouille circulaire, dont le rayon doit avoir 3 pieds de plus que n'en aura celui du bassin, & on approfondit aussi de 3 pieds de plus qu'on ne se l'est proposé; ensuite on établit une plate-forme de maçonnerie AB, qui doit régner sur toute l'étendue de l'excavation; cette plate-forme doit être faite de briques en mortier de ciment sur une épaisseur de 12 pouces; la brique convenant beaucoup mieux pour former une bonne liaison capable d'empêcher la filtration de l'eau, que si on se servoit de moëllons: après cela on fait un revêtement AC & BD, composé de même pour soutenir les terres en formant une espèce de cuve.

Cette

Cette maçonnerie étant bien sèche, on applique dessus le fond un corroi de terre glaise EF, de 12 pouces d'épaisseur, préparée comme nous le dirons par la suite. Sur ce corroi, l'on fait une seconde platte-forme de maçonnerie GH, encore de 12 pouces d'épaisseur, recouverte de dalles ou pierres plates servant de plafond, & on élève tout autour un encuvement GI, HK, pour former le bassin, observant de laisser entre cette maçonnerie que l'on appelle *mur de douve*, ou *mur flottant*, & le revêtement CE, DF, un intervalle de 12 pouces, que l'on remplit d'un corroi de glaise à mesure qu'on élève le mur flottant, & l'on termine le pourtour LN du bassin par une bordure de pierre ou de gazon.

1483. Le fond d'un bassin doit avoir une pente douce vers le côté qu'on aura choisi, pour y ménager une décharge lorsqu'on voudra le vider, ce qui se fait avec un tuyau fermé par une soupape. L'on a soin de pratiquer aussi une décharge de superficie, qui conduit l'eau dans un lieu bas pour la faire jaillir une seconde fois dans un autre bassin, & de là dans un troisième, lorsqu'on a suffisamment de pente. Quelquefois il y a des bassins où la même conduite sert de décharge de fond & de superficie, par le moyen d'un tuyau M, entretenu dans un boisseau, duquel il peut être séparé quand on veut, comme dans l'article 1382; ainsi ce tuyau reçoit sans cesse le superflu du bassin, qui va quelquefois se rendre dans un aqueduc O, pour couler tout naturellement à sa destination.

Il faut que les bassins aient une décharge de fond & une de superficie accompagnées d'un regard.

Près du bassin l'on fait un regard P, dans lequel est un robinet que l'on ferme avec une clef, comme dans l'article 1417, pour interrompre quand on veut le cours de l'eau. L'on observera de faire passer le tuyau de conduite à découvert sur le plafond du bassin, afin de mieux remédier aux accidens, & de prolonger d'environ 18 pouces ce tuyau au-delà de la fouche pour y ménager une sortie R, qu'on tient ordinairement fermée, mais que l'on ouvre au besoin pour nettoyer la conduite, en laissant couler l'eau avec précipitation, lorsqu'elle se trouve engorgée. Enfin il convient de fonder un collet de plomb Q, d'environ 6 pouces de largeur autour du tuyau, dans le milieu de l'endroit où il traverse le courtois de glaise, afin que ce collet s'y trouvant bien enclavé, l'eau ne puisse point filtrer de ce côté-là.

1484. Sans se mettre en peine de la couleur de la glaise propre à la construction d'un bassin, on la jugera de bonne qualité lorsqu'elle sera grasse, & qu'elle filera quand on voudra la rom-

Qualité & préparation de la glaise pour les bassins.

pre, comme celle dont les Potiers se servent. Pour la bien préparer, on commence par la labourer à la bêche trois ou quatre fois en l'humectant, on en forme des pelotons gros comme le poing, que l'on pétrit chacun en particulier, pour voir s'il ne s'y trouve ni sable, ni gravier; ensuite on l'employe en la foulant lits par lits, sans y laisser le moindre vuide; en sorte qu'ils forment ensemble un seul corps que l'eau ne puisse pénétrer; c'est pourquoi il faut veiller de près la manœuvre des ouvriers, les moindres négligences pouvant causer un grand dommage.

*On ne fait
point de
platte-forme
de maçonnerie
aux grands
bassins &
aux réservoirs.*

1485. Lorsqu'il est question de grands bassins ou de réservoirs, l'on se dispense pour plus d'économie, de faire des plafonds de maçonnerie : on se contente d'un corroi de glaise de 18 pouces d'épaisseur, appliqué sur un bon fond, le pourtour garni d'une platte-forme de racinaux pour servir de fondation au revêtement des berges, & sur ce corroi on élève le mur flottant à une distance de 12 pouces du précédent, que l'on remplit de glaise préparée comme nous venons de l'expliquer; & après que cet ouvrage a été fait pour le mieux, on garnit le fond du bassin ou du réservoir d'un lit de sable de six pouces d'épaisseur. Je ne m'arrête point davantage sur la main-d'œuvre de ces sortes d'ouvrages, qui appartiennent naturellement à la seconde partie de l'Architecture Hydraulique.

*Manière de
construire
les citernes
pour con-
server l'eau
des pluies.*

1486. La nature si variée dans la production de ce qui est nécessaire à la vie des hommes & des animaux, est uniforme pour leur boisson; chaque pays leur fournit des fruits & des aliments différens, il n'y a que l'eau seule qui est la même partout, & d'une si grande nécessité, que nul endroit ne sauroit être habité, si on en manque. Tous ceux qui ont écrit sur les qualités de l'eau, conviennent que celle des pluies est la plus légère & la plus saine, c'est pour la conserver dans toute sa pureté, que je vais donner la manière de faire de bonnes citernes.

La grandeur d'une citerne doit se régler sur la capacité des bâtimens, dont les toits recevront l'eau de pluie que l'on veut rassembler. Pour cela il faut être prévenu qu'aux années communes il tombe 18 pouces de hauteur d'eau sur la surface de la terre, ainsi 4 toises quarrées de couverture horizontalement recevront une toise cube d'eau ou 27 muids, mais il convient de faire la citerne d'un tiers plus grande qu'on ne l'aura trouvé par l'estimation, observant de lui donner le plus de profondeur que l'on pourra, & de la pratiquer s'il est possible, dans un endroit où elle puisse être à couvert; pour se dispenser de toutes les sujétions que demanderoit la construction de la voûte.

Après avoir creusé la fosse, bien régalé le fond, & lui avoir donné un peu de pente du côté du puisard, dans lequel doit aboutir le tuyau d'aspiration de la pompe dont je suppose qu'on se servira pour tirer l'eau; il convient, si l'on est à portée d'avoir de bonne glaise, de commencer par en étendre un lit de 20 pouces d'épaisseur sur le fond, de manière qu'il déborde de 18 pouces le pourtour extérieur des pieds droits, ensuite l'on recouvre toute la superficie, d'une platte-forme de maçonnerie de 18 à 20 pouces d'épaisseur faite de briques en bon mortier de ciment, dont le pourtour sert de fondement aux pieds droits qu'on élève aussi en maçonnerie de briques & mortier de ciment; l'épaisseur de ces pieds droits doit se régler sur la hauteur, la largeur & le poids de la voûte. A mesure que la maçonnerie avance, l'on forme derrière un bon corroi de glaise sur l'épaisseur de 18 pouces qui est l'intervalle qu'on doit avoir ménagé entre les pieds droits & les berges.

Pour donner moins de portée à la voûte, & rendre l'ouvrage plus solide, il convient lorsque la citerne est d'une belle grandeur, de la diviser en deux ou trois pièces par des murs de refend dans chacun desquels on pratique une porte, afin que l'eau puisse passer de l'une à l'autre, ce qui contribuera à la purifier; parce qu'elle déposera le gros de son limon dans la première, le reste dans la seconde, pour arriver claire dans la troisième où je suppose le puisard.

Lorsqu'on n'a point de glaise, il faut appliquer contre les pieds droits un mur de pierres sèches pour recevoir les eaux provenans des filtrations de la terre, mais la glaise vaut beaucoup mieux, parce qu'elle rend la citerne plus étanchée, & la garantit de la communication des eaux sauvages; au reste, après que la voûte sera achevée, & qu'on aura disposé sa surface en pente comme un toit, il faudra bien laisser sécher la maçonnerie, ensuite grater les joints du parement pour recevoir une première couche de ciment, sur laquelle on fait quantité de rayes enfoncées d'environ une ligne avec le tranchant de la truelle pour recevoir une seconde couche de ciment, & l'on continue de même jusqu'à l'épaisseur d'un pouce, il faut encore, pendant un mois, frotter la dernière avec du lait de ciment, tant qu'elle forme un corps qui paroisse recuit comme un pot de terre.

L'on fait un citerneau de 3 ou 4 pieds en quarré sur 6 à 7 pieds de profondeur rempli de petits graviers qu'on a soin de bien laver auparavant, ce citerneau sert à recevoir les eaux de pluies

G g g ij

pour qu'elles ne se rendent dans la citerne qu'après s'être déchargées des ordures qu'elles auroient pu ramasser sur les toits ; quand l'ouvrage est fini, l'on recouvre la voûte de trois ou quatre pieds de terre, sur laquelle il convient d'appliquer du pavé avec la pente nécessaire pour l'écoulement des eaux. Quoique ce petit détail fût pour la construction d'une citerne, l'on ne fera pas mal de voir ce que j'ai écrit sur ce sujet dans un ouvrage qui a pour titre *La Science des Ingénieurs*.

Problème pour déterminer l'épaisseur qu'il faut donner aux murs qui doivent soutenir la poussée de l'eau.

1487. Lorsque l'on fait des digues, batardeaux de maçonnerie, réservoirs, citernes, écluses, sas, &c. il ne suffit pas de rendre les revêtemens étanchés, par la bonne liaison des matériaux, il faut encore sçavoir régler l'épaisseur des murs, de manière qu'ils soient capables de soutenir la poussée de l'eau, par leur résistance propre ; ne devant point compter sur celle des terres contre lesquelles ils seroient appuyés, parce que si elles venoient à fléchir tant soit peu, l'ouvrage seroit bien-tôt détruit. Or, ayant donné dans le premier & second Livre de *La Science des Ingénieurs*, ce qui regardoit la poussée des terres & des voûtes, je vais finir celui-ci, par un problème, sur la poussée de l'eau.

Voyez la figure 16 de la Plancha troisième du Chapitre précédent.

Supposant que le rectangle ABCD représente le ptofil du mur d'un réservoir isolé, dont le fond sera, si l'on veut, sur la surface de la terre ; l'on demande l'épaisseur qu'il convient de donner à ce mur, pour que sa pesanteur le rende capable de soutenir la poussée de l'eau dans l'état d'équilibre.

Pour bien entendre le mécanisme que nous allons développer, l'on ne seroit pas mal de lire la troisième section du troisième Chapitre du premier Livre de cet ouvrage, surtout l'article 773, où il est démontré que pour calculer la poussée de l'eau contre une surface verticale, il ne faut avoir nul égard à l'étendue du plan qui sert de base à l'eau, ou de fond à un réservoir, mais seulement à la superficie de la surface poussée, & à la hauteur moyenne de l'eau.

On peut faire abstraction de la longueur des murs qui soutiennent la poussée de l'eau pour se contenter que leur

1488. Ayant fait abstraction de la longueur des murs, lorsque nous avons traité de la poussée des terres, pour ne considérer qu'un des élémens dont on peut supposer qu'ils sont composés ; nous en userons de même dans le problème dont il s'agit, & nous n'aurons égard par conséquent qu'à l'action d'une seule lame d'eau prise verticalement : en se rappelant que cette lame doit être exprimée par un triangle rectangle & isocèle BAH, puisque la poussée va en croissant de B en A dans l'ordre d'une progression arithmétique (332.) dont le terme moyen est égal à la moitié de la hau-

teur BA de l'eau (365), ce qui donne par conséquent $\frac{AB^2}{2}$ pour l'expression de la poussée.

Ayant vu aussi dans l'article 413, que le centre d'impression de la poussée de l'eau contre une surface verticale étoit aux deux tiers de la profondeur de l'eau, l'on pourra supposer que la poussée répandue depuis B jusqu'en A, est réunie au point L, éloigné du niveau IB de l'eau de la distance BL, égale aux deux tiers de BA ou de IH, alors le bras de levier par lequel agit cette poussée sera exprimé par la ligne LA, égale au tiers de la hauteur BA de l'eau. Si l'on vouloit que cette poussée fût réunie au point B pour agir selon la direction BC comme fait la puissance Q qui lui seroit équivalente, il ne faudroit prendre que le tiers de la poussée, c'est-à-dire, le tiers de $\frac{AB^2}{2}$ qui est $\frac{AB^2}{6}$, puisque l'on triple son bras de levier.

D'autre part si l'on suppose que la pesanteur, qu'on peut attribuer au rectangle AC est réunie dans le poids P qui répond à la ligne de direction FG, partant du centre de gravité F, la perpendiculaire DG tirée du point d'appui D sur cette ligne, exprimera le bras de levier du poids P ou de la résistance que la pesanteur de la muraille oppose à la poussée de l'eau; & l'on pourra aussi prendre pour bras de levier de la puissance Q, c'est-à-dire, de la poussée réduite au point B, la perpendiculaire DC tirée du même point d'appui D sur la direction BC selon laquelle cette puissance agit.

1489. Si le poids d'un certain volume d'eau étoit égal à celui d'un pareil volume de maçonnerie, on pourroit regarder les deux puissances qu'il s'agit ici de mettre en équilibre, comme si elles étoient exprimées, l'une par la sixième partie du carré de la hauteur BA, & l'autre par celle du rectangle ABCD; mais comme un pied cube de maçonnerie pèse au moins 120 lb tandis qu'un pied cube d'eau n'en pèse que 70 lb, il faut nécessairement avoir égard à cette différence, en faisant une compensation qui puisse faire regarder les deux puissances comme homogenes. Pour cela je considère que le poids d'un certain volume d'eau étant à celui d'un pareil volume de maçonnerie comme 7 est à 12, il faut multiplier la superficie du triangle HBA qui est $\frac{BA^2}{2}$ par $\frac{7}{12}$ pour

avoir $\frac{7BA^2}{24}$ qu'on pourra regarder comme une superficie homoge-

G g ij

Le poids d'un certain volume de maçonnerie est à celui d'un égal volume d'eau dans le rapport de 12 à 7.

ne à celle du rectangle AC; ainsi multipliant encore cette quantité par $\frac{1}{2}$ pour la réduction de la poussée réunie au point B, on aura $\frac{7BA}{72}$ pour la valeur de la puissance Q.

Formule
pour détermi-
ner l'épais-
seur des
murs, qui
n'ayant
point de ta-
lud, sou-
tiennent
l'eau sur
toute leur
hauteur.

1490. Nommant a , la hauteur BA ou CD de l'eau; x , l'épaisseur AD de la muraille; DG sera $\frac{x}{2}$; & l'on aura $\frac{x}{2} \times aa = Q$, $ax = P$ qui donne dans l'état d'équilibre: $Q(\frac{x}{2} \times aa)$, $P(ax)$:: DG ($\frac{x}{2}$), DC (a) d'où l'on tire $\frac{x}{2} \times aaa = \frac{ax^2}{2}$ ou $\sqrt{\frac{x}{2} aa} = x$, qui montre que pour avoir l'épaisseur du mur, lorsqu'il n'a point de talud, il faut prendre les sept trente-sixièmes du carré de la hauteur de l'eau, & en extraire la racine qui donnera ce que l'on demande, par exemple, supposant que la hauteur de l'eau soit de 10 pieds, on multipliera le carré de ce nombre par $\frac{7}{72}$ pour avoir 19 $\frac{1}{2}$ pieds carrés, dont la racine est 4 pieds 4 pouces 9 lignes.

Autre for-
mule pour
trouver l'é-
paisseur des
murs dans
la hauteur
surpasse
celle de
l'eau.

1491. Si le niveau de l'eau étoit au-dessous du sommet de la muraille, comme cela est assez ordinaire, la formule précédente ne pourroit avoir lieu. Pour en établir une autre, nous supposons que a , exprime seulement la hauteur de l'eau, par conséquent celle du bras de levier de la puissance; & b , la hauteur de la muraille; alors on aura $\frac{x}{2} \times aa$, $bx :: \frac{x}{2}$, a ; ou $\sqrt{\frac{x}{2} \times \frac{a^2}{b}} = x$, qui montre que pour avoir l'épaisseur d'un mur plus élevé que l'eau qu'il soutient, il faut diviser le cube de la hauteur de l'eau par celle du mur, prendre les sept trente-sixièmes du quotient, & en extraire la racine quarrée. Par exemple, supposant que la hauteur de l'eau soit de 8 pieds & celle du mur de 10; il faut diviser le cube de 8 qui est 512 par 10 pour avoir 51 $\frac{2}{5}$ qu'il faut multiplier par $\frac{7}{72}$, & extraire la racine quarrée du produit qui donnera environ 3 pieds 2 pouces.

Lorsqu'on aura trouvé l'épaisseur qui convient à l'état d'équilibre, on l'augmentera ensuite autant qu'on le jugera nécessaire, selon la qualité des matériaux qu'on employera, pour prévenir tout accident.

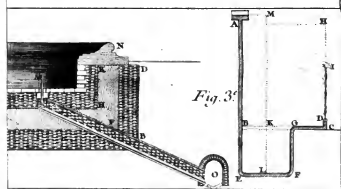
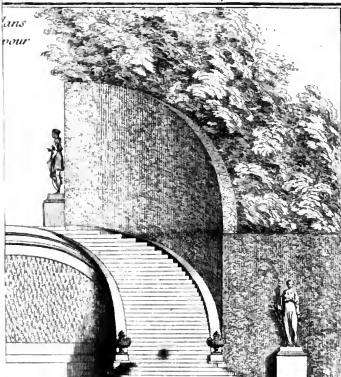
Formule
pour trou-
ver l'épais-
seur du som-
met des
murs qui
ont un ta-
lud exté-
rieur, &c.

1492. Si l'on vouloit que le mur eut extérieurement un talud déterminé comme dans la figure dix-septième, & qu'il fût question de trouver son épaisseur BC par rapport à sa hauteur, & à celle de l'eau; voici comme on pourra établir la formule qui conviendra dans ce cas.

Nommant a , la hauteur arbitraire de l'eau; b , la hauteur AB du mur ou de la perpendiculaire DK, tirée du point d'appui D sur



ans
pour



la ligne de direction BK de la puissance Q; c, le talud GD de la muraille; & x, son épaisseur au sommet BC; l'on aura $\frac{a^3}{3}$ pour la poussée de l'eau, qui étant multiplié par $\frac{1}{2}$ pour avoir égard à la différence du pieds de l'eau à celui de la maçonnerie (1489),

l'on aura $\frac{1}{2} \times \frac{a^3}{3} = Q$, qui étant multiplié par la perpendiculaire DK (b) donne $\frac{1}{2} \times a^3$ pour le moment de la puissance Q.

Pour avoir de même le moment de la maçonnerie, il faut considérer que si le poids R répond à la ligne de direction tirée du centre de gravité du triangle GCD, il en exprimera la superficie & aura pour bras de levier la perpendiculaire DI égale aux deux tiers de la base GD, ainsi multipliant $\frac{bc}{3}$ par $\frac{2c}{3}$ il viendra $\frac{bcc}{3}$ pour le moment du triangle GCD, auquel il faut ajouter celui du rectangle ABCG qu'on aura en multipliant sa superficie bx par la perpendiculaire DH ($c + \frac{a}{3}$) afin d'avoir dans l'état d'équilibre $\frac{1}{2} \times a^3 = \frac{bcc}{3} + bcx + \frac{bx^2}{2}$ d'où dégageant l'inconnue,

il vient $\sqrt{\frac{1}{2} \times \frac{a^3}{b} + \frac{cc}{3}} - c = x$, qui montre que pour avoir l'épaisseur du sommet BC de la muraille, il faut diviser le cube de la hauteur de l'eau par celle de la muraille, prendre les sept trente-sixièmes du quotient, y ajouter le tiers du carré du talud, extraire la racine quarrée de la somme, d'où il faudra soustraire la valeur du talud, & la différence donnera ce que l'on demande.

Par exemple, supposant que la hauteur de l'eau soit de 10 pieds, celle de la muraille de 12, & le talud GD de 2; on divisera le cube de 10 qui est 1000 par 12, & on multipliera $\frac{1000}{12}$ par $\frac{1}{2}$, il viendra $16\frac{2}{3}$ pieds quarrés, à quoi il faut ajouter le tiers du quarré de 2 pour avoir $17\frac{2}{3}$ pieds quarrés, dont la racine est 4 pieds 2 pouces, d'où soustrayant 2 pieds valeur du talud, reste 2 pieds 2 pouces, pour l'épaisseur du sommet de la muraille dans l'état d'équilibre.

Fin du second Volume & de la premiere Partie.

qui soutient la poussée de l'eau dans l'état d'équilibre.

Voyez la Figure 17 de la Planche troisième du Chapitre précédent.

CORRECTIONS ET ADDITIONS

Pour le Chapitre III. du quatrième Livre.

PAge 312. effacez les trois premières lignes de cette page & substituez y ce qui suit.

L'eau qui bout dans l'alambic produit une vapeur qui passe dans le cylindre, dont elle remplit la capacité à mesure que le piston s'élève par le contrepoids du balancier, dont le détail est ci-après; & dès que le piston est parvenu à son plus haut terme, l'effet d'un certain, &c.

Pages 318 & 319. effacez les trois dernières lignes de la page 318 & les trois premières de la page 319, & à la place de ces six lignes mettez ce qui suit.

A l'extrémité de ce rameau est une soupape suspendue à un morceau de fer; cette soupape est fermée quand le piston descend, & elle est toujours baignée d'eau afin que l'air ne puisse y pénétrer.

Page 319, article 1306. effacez les cinq premières lignes de cet article, au lieu desquelles vous lirez ce qui suit.

1306. L'eau qui est introduite dans le cylindre par le tuyau d'injection, s'échappe par l'ouverture *b* & tombe dans les deux rameaux *u*, *r*, (Fig. 5.) de manière que celui d'évacuation, &c.

Page 319. ligne dernière de l'article 1306. au lieu de au fond de l'alambic, lisez dans l'alambic.

Ibid. Art. 1307. ligne 2 de cet article, au lieu de est une soupape chargée de plomb que l'on ouvre, &c. lisez est une soupape que l'on ouvre, &c.

TABLE DU SECOND VOLUME.

LIVRE TROISIEME.

Où l'on enseigne la Théorie des Pompes, la maniere de les mouvoir, & la description de plusieurs belles Machines pour élever l'Eau.

CHAPITRE PREMIER.

Des Propriétés de l'Air, servant d'introduction à la Théorie des Pompes.

LES Anciens attribuoient à l'horreur du vuide les effets de la pesanteur de l'air.

Toricelli a découvert le premier la pesanteur de l'air, égale à une colonne de mercure d'environ 28 pouces.

Raison pourquoi le mercure se soutient à la hauteur de 28 pouces.

Preuve que l'élévation du mercure dans un tuyau, vient de la pesanteur de l'air.

Expérience faite proche Clermont en Auvergne.

L'Air est en équilibre avec une colonne d'eau de 31 pieds deux tiers de hauteur.

De quelle maniere l'eau monte par aspiration.

Maniere de connoître la pesanteur de l'atmosphère.

Maniere de connoître la pesanteur d'un certain volume d'air.

Explication des variations du baromètre.

L'Air a du ressort, & peut être condensé.

Le ressort de l'air agit en tous sens avec une force égale.

La force du ressort de l'air est cause de la difficulté qu'on éprouve à se séparer deux corps polis.

Raison pourquoi on ne peut ouvrir sans un grand effort un soufflet, dont toutes les ouvertures sont bouchées.

Que la pesanteur de l'air est cause de la propriété du Syphon.

Expérience familière pour prouver la force du ressort de l'air.

Description de la Machine Pneumatique.

Maniere de connoître à quel point l'air est dilaté dans la Machine Pneumatique.

Trouver le nombre de coups de piston qu'il faut donner pour dilater l'air jusqu'à un certain point déterminé.

Tome II.

a

<i>Pourquoi un animal meurt dans le récipient, lorsqu'on en a dilaté l'air.</i>	11
<i>Manière de se servir du baromètre pour dilater l'air du récipient jusqu'à un certain point déterminé.</i>	12
<i>La poudre à canon ne fait point d'effet dans la machine pneumatique.</i>	13
<i>Un certain volume d'air pèse une fois plus en hyver qu'en été. Page</i>	14
<i>On n'a jamais exactement la pesanteur des corps qui ont beaucoup de volume.</i>	15
<i>Le ressort de l'air augmente dans la raison des poids dont il est chargé.</i>	Idem.
<i>Regles générales sur la force du ressort de l'air condensé.</i>	16
<i>La dilatation de l'air en diminue le ressort.</i>	17
<i>Regle générale sur la dilatation de l'air.</i>	Idem.
<i>Conséquence de la dilatation de l'air au sujet de l'aspiration de l'eau dans les tuyaux.</i>	18
<i>La chaleur augmente la force du ressort de l'air.</i>	Idem.
<i>La force que le ressort de l'air a acquis par la chaleur, diminue à mesure qu'il peut se dilater.</i>	Idem.
<i>Le froid diminue la force du ressort de l'air.</i>	19
<i>Expérience sur la force que le ressort de l'air acquiert par la chaleur de l'eau bouillante.</i>	Idem.
<i>Ordinairement en France le plus grand froid de l'hyver ne va qu'à un sixième de la diminution de la plus grande chaleur de l'été.</i>	20
<i>Expériences faites en Angleterre sur le plus grand degré de chaleur, dont plusieurs corps peuvent être capables.</i>	21
<i>La chaleur du corps humain est ordinairement égale à celle qui regne sous l'équateur.</i>	Idem.
<i>Dissertation pour faire voir contre l'opinion commune, que les caves sont plus chaudes en Été qu'en Hyver, & plus froides en Hyver, qu'en Été.</i>	22
<i>Description d'une pompe, par laquelle on peut faire monter l'eau à une hauteur médiocre par l'action alternative du chaud & du froid.</i>	24
<i>L'humidité augmente la force du ressort de l'air.</i>	25
<i>L'eau est toute imprégnée d'air. Expérience sur ce sujet.</i>	26
<i>Remarque sur l'eau convertie en glace.</i>	Idem.
<i>Conjecture sur la manière dont le feu agit pour dilater les fluides.</i>	27
<i>Effets surprenans des cordes mouillées.</i>	28
<i>On peut se servir utilement de l'action de l'eau pour déroquer le marbre des carrières, ou pour fendre les grosses pièces.</i>	29

CHAPITRE II.

De la Théorie des Machines mues par le vent, & la manière d'en calculer l'effet. Page 30.

Examen du choc du vent, où l'on fait voir sa conformité avec le choc de l'eau.

Idem.

Expériences sur le choc du vent, pour en connoître le rapport avec le choc

T A B L E.

iii

de l'eau.	Page 30
La vitesse du vent doit être 24 fois plus grande que celle de l'eau pour choquer une même surface avec une égale force.	32
Autre manière d'estimer le rapport du choc de l'air à celui de l'eau. Idem.	32
Manière d'estimer le choc du vent en livres, comme on fait celui de l'eau.	33
Connoissant le choc & la vitesse d'un certain vent, connoître le choc d'un autre vent dont on a la vitesse.	34
Manière de connoître la vitesse du vent, en connoissant la force du choc dont il est capable.	Idem.
Remarques sur les différentes manières dont une surface peut être choquée par le vent.	Idem.
Origine des moulins à vent.	35
L'axe d'un moulin à vent doit être situé dans la direction du vent. Idem.	Idem.
Les ailes d'un moulin pour tourner, doivent recevoir obliquement l'impression du vent.	36
Manière de trouver l'angle que chaque aile doit faire avec l'axe.	37
La force relative du vent sur les ailes, lorsqu'elles sont avec l'axe un angle de 55 degrés, n'est qu'environ les $\frac{1}{11}$ de la force absolue du même vent.	38
Manière de faire le calcul de l'action du vent sur les ailes d'un moulin ordinaire.	Idem.
Remarque sur l'importance de faire que les ailes d'un moulin forment avec l'axe un angle de 55 degrés.	40
Examen de la figure la plus avantageuse qu'on pourroit donner aux ailes des Moulins à vent.	Idem.
Pour qu'un moulin fasse le plus grand effet, il faut que la vitesse des ailes, prise à leur centre de gravité, soit le tiers de celle du vent.	41
Description d'un moulin dont les ailes tournent horizontalement.	42
Formules générales pour calculer l'effet de toutes les machines mues par le vent.	43
Description d'une machine mue par le vent, servant à dessécher un terrain aquatique.	44
Manière de faire le calcul de l'action du vent sur les ailes de cette machine.	45
Autre calcul pour découvrir la quantité d'eau que la même machine épuiserait par heure.	46
Description d'une pompe aspirante mise en mouvement par l'action du vent.	47
Description d'un moulin à vent pour dessécher un terrain aquatique. Idem.	Idem.
Calcul du même moulin, eu égard à la vitesse du vent, pour connoître le poids de l'eau qu'il peut élever.	48
Estimation de la quantité d'eau que ce moulin peut épuiser par heure.	49
La grandeur des barils du chapelet, doit être proportionnée à la hauteur ou il faudra élever l'eau.	50
Description d'une machine pour arroser un terrain aride.	Idem.

CHAPITRE III.

Où l'on donne une description générale des pompes de toutes sortes d'espèces, avec un examen de ce qui peut contribuer à les rendre parfaites.

D escription d'une Pompe aspirante.	Page 53
Explication du piston de la Pompe aspirante.	54
Détail de la soupape qui se place au fond d'un corps de Pompe.	Idem.
De quelle manière le poids de l'atmosphère fait monter l'eau dans les Pompes.	55
Manière de calculer la hauteur où l'eau peut monter par aspiration à chaque coup de piston.	56
Description d'une Pompe refoulante plongée dans l'eau.	57
Détail du piston d'une Pompe refoulante.	Idem.
Explication de l'effet de cette Pompe.	58
Description des Pompes aspirantes & refoulantes.	Idem.
Détail du piston de cette Pompe.	59
Situation différente qu'on peut donner aux tuyaux d'aspiration des Pompes aspirantes & refoulantes.	60
Description des Pompes du Pont Notre-Dame à Paris.	Idem.
Description d'une Pompe de la machine de Marly.	61
Description d'une Pompe exécutée en Angleterre, à la machine qui élève l'eau par le moyen du feu.	Idem.
Détail du piston de cette Pompe.	62
Description des Pompes de la Samaritaine à Paris.	63
Description d'une Pompe qui fait monter l'eau sans interruption.	Idem.
Description d'une Pompe qui joue à l'aide de la condensation de l'air.	64
Reflexions sur les avantages & les défauts des Pompes précédentes.	65
De toutes les Pompes qu'on vient de décrire, les plus parfaites sont celles du Pont Notre-Dame.	66
Il ne faut pas qu'un piston en refoulant bouche l'entrée d'un tuyau montant.	67
La puissance qui fait agir une Pompe aspirante & refoulante n'est pas uniforme.	68
Défaut des Pompes refoulantes, qui font monter l'eau sans interruption.	69
La perfection des Pompes en général dépend de six choses principales.	70
A quoi se réduit l'effort d'une puissance qui refoule l'eau dans un réservoir.	Idem.
De quelle manière on doit calculer l'effort d'une puissance qui aspire l'eau dans un corps de Pompe.	71
Remarque essentielle pour calculer l'effort d'une puissance qui fait agir des Pompes.	

TABLE.

Sur les diamètres des corps de Pompes, ou des pistons. Page 73.

Le diamètre d'un piston doit être proportionné à la puissance qui fait agir la Pompe.

Attention qu'il faut avoir quand une puissance fait agir à la fois plusieurs Pompes aspirantes.

Observations sur le diamètre qu'il faut donner aux Pompes qui aspirent & refoulent alternativement.

A quoi il faut avoir égard quand la puissance aspire & refoule en même tems.

A quoi il faut avoir égard quand la puissance fait agir des Pompes qui sont en nombre impair.

La hauteur des corps de Pompes doit se régler sur la levée des pistons.

Dans les Pompes refoulantes, il faut que le tuyau montant soit par tout d'une grosseur uniforme, & que son diamètre soit au moins égal à celui du corps de Pompe.

Quand on a plusieurs Pompes accolées, & qui répondent à un même tuyau montant, il faut que la grosseur de ce tuyau soit proportionnée à la plus grande quantité d'eau qui sera refoulée dans le même tems.

Sur l'inconvénient de faire le diamètre des tuyaux montans, & celui du trou des soupapes des Pompes refoulantes, plus petit que celui des pistons. Page 77.

Manière de calculer la force de l'action de l'eau qui coule dans un tuyau horizontal.

Application de l'article précédent, au calcul de la puissance qui meut le piston d'une Pompe refoulante.

Manière d'estimer le rapport de la puissance qui soutient une colonne d'eau dans l'état d'équilibre, avec celle qui la refoule pour la faire monter.

Démonstration pour faire voir le défaut des tuyaux montans d'un diamètre plus petit que celui du corps de Pompe.

Comparaison des forces qu'il faut à la puissance qui refoule l'eau dans des tuyaux de différentes grosseurs.

Il faut aussi que l'eau en passant par le trou des soupapes n'y rencontre aucun obstacle.

Lorsqu'une même puissance refoule l'eau dans des tuyaux de différentes grosseurs, les tems de la levée du piston sont dans la raison réciproque des quarrés des diamètres des tuyaux montans.

Règle pour déterminer le rapport de la force du courant qui meut une Pompe au poids de la colonne d'eau que le piston refoule.

Sur la hauteur où l'on peut élever l'eau par aspiration, en égard aux dimensions des Pompes.

Examen des différentes vitesses de l'eau qui monte dans un tuyau vertical.

Les différentes vitesses de l'eau qui monte dans un tuyau vertical doivent être exprimées par la différence des racines de la chute & de celles des hauteurs où le niveau de l'eau se trouve en montant au-dessus du pied de la chute. Page 82

Examen de ce qui arrive lorsqu'il y a un piston dans la branche où l'eau monte. 83

Les articles précédens peuvent s'appliquer à la théorie des Pompes aspirantes. Idem.

Le corps de Pompe se remplira toujours par aspiration, lorsque les quarrés des diamètres du piston & du tuyau d'aspiration seront en raison réciproque de la vitesse de l'eau & de celle du piston. 84

Application d'une formule générale à la manière de trouver le diamètre & la hauteur du tuyau d'aspiration. 85

La hauteur où l'on peut élever l'eau par aspiration, dépend encore de plusieurs considérations auxquelles il faut avoir égard. 87

L'emplacement des soupapes fait naître trois cas différens. Idem.

Examen du premier cas. 88

Examen du second cas. Idem.

Méthode de calculer la hauteur où l'eau peut monter dans les Pompes du second cas. 89

Examen du troisième cas. 91

M. Parent a proposé aux Sçavans huit problèmes sur les Pompes. Idem.

PROBLEMES DE M. PARENT.

Proposés aux Sçavans, sur les mesures les plus parfaites des Pompes, & de leurs aspirans. Page 92.

Premier problème. Idem.

Second problème. Idem.

Troisième problème. 93

Quatrième problème. 94

Cinquième problème. Idem.

Sixième problème. Idem.

Septième problème. Idem.

Huitième problème. Idem.

Remarques sur les problèmes de M. Parent. Idem.

Solution du premier problème de M. Parent, lorsque le tuyau d'aspiration est plus grand que la somme du vuide & du jeu du piston. 95

Règle pour diminuer la hauteur du tuyau d'aspiration, pour que l'eau puisse monter dans le corps de Pompe à une hauteur donnée. 96

Solution du second problème, avec la solution de l'article 928. 97

Solution du troisième problème, avec la circonstance de l'article 928. Idem.

Raison pour laquelle M. Parent change de méthode, lorsque la hauteur du tuyau d'aspiration est moindre que la somme du vuide & du jeu du piston. Idem.

T A B L E.

vij

Analyse du calcul que fait M. Parent, lorsque la hauteur du tuyau d'aspiration est moindre que la somme du vuide & du jeu du piston. 98

Une Pompe est parfaite lorsque la moitié de la somme du jeu du piston, du vuide & du tuyau d'aspiration, est moyenne proportionnelle entre le jeu du piston, & la hauteur de la colonne d'eau, équivalente au poids de l'atmosphère. 99

Autre conséquence essentielle, tirée de la formule générale de l'article précédent. 100

Application de la formule, à la solution du second cas du premier problème, de M. Parent. Idem. 101

Application de la même formule au second cas du second problème. Idem. 101

Application de la même formule au second cas du troisième problème. Idem. 102

Pourquoi l'on ne peut se dispenser dans bien des occasions de faire des Pompes qui comprennent un espace superflu. Idem. 102

Maxime générale sur les tuyaux d'aspiration qui sont coudés, ou qui reposent sur des plans inclinés. 102

Erreur où sont la plupart des ouvriers & machinistes sur l'élévation de l'eau dans les Pompes aspirantes. Idem. 103

Examen d'une Pompe que M. Parent propose comme parfaite. Idem. 103

Description d'une Pompe qui n'a d'autre espace superflu que le vuide causé par le trou du piston. 104

Sur l'épaisseur qu'il faut donner aux corps de Pompe & aux tuyaux de cuivre & de plomb. Page 105.

Le plus grand effort de l'eau dans un tuyau vertical ou incliné se fait vers le bas du même tuyau. Idem. 105

L'eau pour crever un tuyau agit toujours sur deux quarts de cercle contigus, qu'elle tend à séparer selon des directions parallèles au diamètre. 105

L'effort absolu de l'eau qui agit sur toute la surface d'un tuyau, est à l'effort qui tend à le déchirer, comme la circonférence d'un cercle est à son rayon. 106

Expérience faite sur la résistance des tuyaux de plomb & de cuivre pleins d'eau. Idem. 106

Formule générale pour trouver l'épaisseur qu'il convient de donner aux tuyaux selon leur hauteur & leur diamètre. 107

Application de la formule générale à quelques exemples. 108

Trouver l'épaisseur qu'il faut donner à un corps de l'ompe dont on connoit le diamètre & la puissance qui refoule l'eau. Idem. 108

Ayant un corps de Pompe dont on connoit l'épaisseur & le diamètre, trouver à quelle hauteur on pourra refouler l'eau. Idem. 109

Usage d'une Table pour trouver les épaisseurs qu'il faut donner aux tuyaux de plomb & de cuivre, selon leurs diamètres & leurs hauteurs. 109

TABLE contenant les épaisseurs des tuyaux de plomb pour différens diamètres, jusqu'à 20 pouces, & pour hauteur jusqu'à 400 pieds. 110.

Seconde Table contenant les épaisseurs des tuyaux de cuivre pour différens diamètres, jusqu'à 20 pouces, & pour les hauteurs jusqu'à 400 pieds. 112.

Sur les pistons. 114.

La grandeur du trou des pistons percés, dépend de la quantité d'eau qui doit y passer, dans un tems déterminé, & du poids dont le piston est chargé.

Page 114

Déterminer la grandeur du trou d'un piston, connoissant le poids dont il est chargé, & la quantité d'eau qui doit y passer dans un tems déterminé. 115

Description d'un piston percé, plus solide & plus parfait qu'on ne les construit ordinairement. Idem.

Détail de la soupape dont ce piston est couvert. Idem.

Description d'un piston plein, d'un fort bon usage. 117

Description d'un nouveau piston qui a une propriété singulière. 118

Effet du jeu de ce piston. 119

Description d'un piston sans frottemens nouvellement imaginé. 120

Sur les soupapes 122.

Défauts des soupapes à coquille. Idem.

Règles pour trouver la proportion qu'il doit y avoir entre le diamètre de cette soupape & celui du corps de Pompe. 123

Les soupapes à coquille, lorsqu'elles sont bien faites, ont le défaut de s'arrêter quelquefois quand les Pompes jouent. 124

Cause à laquelle on peut attribuer l'interruption des soupapes à coquille. 125

Preuve pour montrer la nécessité de faire le trou des soupapes des Pompes refoulantes aussi grand que le cercle des pistons. Idem.

Lorsqu'une même puissance refoule l'eau par des soupapes de différentes grosseurs, les tems de la levée du piston sont dans la raison reciproque des quarrés des diamètres des soupapes. 126

Si l'on n'a point senti plutôt le défaut des Pompes refoulantes, cela vient d'avoir calculé leurs effets dans l'état d'équilibre. 127

Description des soupapes coniques & leurs défauts. Idem.

Description des soupapes sphériques & leurs défauts. 128

Description des soupapes faites en clapets. Idem.

Description d'une nouvelle soupape en clapet à l'usage des gros tuyaux. 129

Autre soupape en clapet, faite de cuivre, pour les gros tuyaux. 130

C H A P I T R E I V.

Où l'on décrit plusieurs machines pour élever l'eau par le moyen des pompes.

D escription d'une pompe domestique pour élever l'eau d'un puits ou d'une citerne.	Page 132.
Moyen fort simple d'élever l'eau par reprise à une hauteur de 40 ou 50 pieds.	133
Moyen de rendre une pompe aspirante mitoyenne.	Idem.
Manière de faire agir alternativement deux pompes aspirantes.	Idem.
Calcul de la machine précédente pour trouver le diamètre des pistons, relativement à la puissance & à la hauteur où l'on veut élever l'eau.	134
Estimation de la quantité d'eau que cette machine peut élever par heure.	Id.
Manière de faire agir deux petites pompes refoulantes pour élever l'eau dans un réservoir.	135
Autre moyen fort simple d'élever l'eau par le moyen des pompes.	Idem.
Description d'une machine pour élever l'eau, à force de bras, à l'aide des pompes aspirantes & refoulantes.	136
Manière de faire le calcul de cette machine.	Idem.
Description d'une machine exécutée à Sources en Alsace pour élever l'eau par le moyen d'une chute.	137
Dimensions qui peuvent convenir à cette machine.	Idem.
Manière de faire le calcul de la même machine.	139
Machine proposée par M. Morel pour produire le même effet que la précédente.	140
Description d'une machine pour élever l'eau par le moyen des pompes refoulantes, exécutée à Nymphenbourg en Bavière.	141
Les pompes de cette machine sont très-défectueuses.	142
Description & analyse de la machine exécutée au Val-Saint-Pierre.	Id.
Explication du jeu de cette machine.	143
Les ellipses sont préférables aux manivelles.	144
Dimensions du rouet & de ses parties.	Idem.
Dimensions des parties de la lanterne.	Idem.
Dimensions des ellipses.	145
Dimensions des balanciers.	Idem.
Les bras du balancier doivent être dans la raison réciproque du chemin des roulettes & de la levée des pistons.	Idem.
Détail des corps des pompes tels qu'ils sont exécutés au Val-Saint-Pierre.	Id.
Ces pompes ne sont point à imiter, ayant le défaut commun à toutes celles de cette espèce.	146
Manière de calculer le produit de cette machine.	Idem.
La superficie du cercle des pistons doit être proportionnée à la hauteur où l'on veut élever l'eau.	147
Regles pour déterminer le diamètre des pistons de cette machine, relativement	b

T A B L E.

ment à la hauteur où l'on veut élever l'eau.	147
Manière de calculer le produit de cette machine, relativement à la grosseur des corps de pompe.	148
Lorsque les pistons refoulent de bas en haut, il faut que les roulettes soient opposées au-dessous des ellipses.	Idem.
Le bras de levier qui répond à l'action des ellipses varient sans cesse, il faut faire le calcul sur le plus grand qui se trouve égal à la différence des deux demi-axes.	Idem.
Il y a un instant où les ellipses éprouvent en tournant une résistance plus grande que celle qui naît de la pesanteur absolue du poids.	149
L'action des ellipses est dans le même cas qu'un plan incliné qu'on introduit sous un corps pour l'élever.	Idem.
Estimation de la plus grande résistance que peuvent opposer les pistons de cette machine.	Idem.
L'on peut dans le calcul des machines, dont le mouvement se communique par de grands bras de levier, négliger l'estimation du frottement des pivots & des tourillons.	150
Calcul de la machine du Val-Saint-Pierre, pour connoître le poids de la colonne d'eau que chaque piston refoulera.	Idem.
Manière de connoître le diamètre des pistons, en supposant les pompes parfaites.	Idem.
Quand cette machine sera rectifiée, la force moyenne d'un cheval, pourra élever quinze muids d'eau par heure à 150 pieds de hauteur.	151
L'on peut déterminer les axes des ellipses, de manière qu'elles n'aient jamais à surmonter une résistance au-dessus de la pesanteur absolue du poids.	Id.
Calcul pour déterminer les axes des ellipses.	Idem.
Pour que les ellipses soient parfaites, il faut que leur petit axe soit égal à la médiane du grand, divisé en moyenne & extrême raison.	Idem.
La grandeur que nous avons donnée aux axes des ellipses, approche fort du point de perfection.	Idem.
Le chemin de la roulette étant donné, ou la différence des deux axes, déterminer la grandeur des axes dans le cas le plus parfait.	152
Recherches sur une ellipse, qui en tournant sur son centre élève un poids. Page 153.	
Examen des lignes qui peuvent exprimer la direction du poids, & le bras de levier qui a rapport à l'ellipse.	Idem.
Analogie pour trouver l'expression des mêmes lignes.	Idem.
On ne peut parvenir à une expression simple de la puissance & du bras de levier qui répond au poids, que par une supposition qui peut être admise pour la pratique.	154
Le résultat du calcul est de faire voir que le grand bras de levier, qui répond à l'ellipse, est égal à la différence de ces deux axes.	155
A quoi se réduit le rapport de la pesanteur absolue à la pesanteur relative du poids.	156
Manière de déterminer le plus grand angle formé par une tangente & un diamètre de l'ellipse.	Idem.

T A B L E. xj

Lorsque l'angle d'un diamètre & d'une tangente est le plus grand, les coupées correspondantes sont dans la même raison que les axes. 156

Problème nouveau sur l'ellipse déduit des calculs précédens. 157

Manière fort simple de faire mouvoir des pistons par le moyen d'une roue onnée. Page 158.

Discours de M. de la Hire, tiré de son Traité des Epicycloïdes. Idem.

Remarques sur le discours précédent. 161

Examen sur la manière dont agit la puissance qui fait monter un poids par le moyen de la roue précédente. 162

L'application de la cycloïde pour perfectionner la roue de M. Desargues ne convient nullement. 163

Deux manières de se servir de la même roue pour faire mouvoir des pistons. 165

Manière de tracer les ondes de cette roue pour qu'elles soient d'un bon usage. 166

Manière de connoître le rapport de la puissance motrice au poids que la roue élève. 167

Règle commode pour trouver le diamètre des pistons, relativement à la puissance motrice & à la hauteur de la colonne d'eau. 168

Calcul de la quantité d'eau que cette machine peut donner par heure. 169

Description & analyse de la machine appliquée au Pont Neuf à Paris. Page 170.

Explication des plans, profils & élévations de cette machine. Idem.

Détail des principales parties qui entrent dans le mécanisme de la même machine. 172

Explication des pièces qui servent à élever & baisser la roue. 173

Dimensions des principales parties de la machine. 174

Vitesse de la roue lorsque la rivière est dans son état moyen. Idem.

Vitesse de la rivière dans son état moyen. 175

Calcul pour trouver la force de la puissance qui fait agir cette machine. Idem.

Examen de la vitesse que devoit avoir la roue, eu égard à la pesanteur du poids qu'elle élève. 176

Cette machine ne fournit point, à beaucoup près, la quantité d'eau qu'elle devoit produire. Idem.

Manière de trouver le diamètre des pistons qui pourroient convenir à cette machine si elle étoit rectifiée. 177

Si cette machine étoit rectifiée, elle pourroit élever le double de l'eau qu'elle fournit dans son état actuel. Idem.

La roue de la Samaritaine est très-défectueuse, il faudroit pour la corriger qu'elle n'eût que six aubes au lieu de huit. 178

Calcul des frottemens de cette machine. Idem.

Examen des variations de la force respective d'un courant sur la roue. 180

Rapports de la force du courant dans les deux cas extrêmes. 181

<i>La force moyenne d'un courant qui agit sur une roue à six aubes, est égale aux onze douzièmes de la plus grande.</i>	182
<i>Maxime qu'il faut suivre dans la construction des machines mues par un courant pour les rendre parfaites.</i>	183
<i>Formules ou regles générales pour déterminer les principales parties d'une machine mue par un courant.</i>	184

Description des pompes pour les incendies. 186.

<i>Ordre que l'on observe en Alsace & dans les Pays-Bas pour les incendies.</i>	Idem.
<i>Description d'une pompe pour les incendies, exécutée à Strasbourg.</i>	187
<i>Autre pompe pour les incendies, exécutée à Ypres.</i>	188
<i>Nouvelle pompe pour les incendies, exécutée en Hollande.</i>	189
<i>Description d'une pompe pour les incendies, avec laquelle on lance l'eau, sans interruption, par le mouvement d'un seul piston.</i>	190
<i>Description d'une fontaine artificielle, nommée communément fontaine Héronienne.</i>	191
<i>Description d'un soufflet pour les grandes forges, par le moyen d'une chute d'eau.</i>	192
<i>Discours de M. Mariotte sur les soufflets précédens.</i>	193
<i>Il y a encore une nouvelle manière de soufflet, exécutée à une Fondrie proche Valenciennes.</i>	194

Description de la machine de Marly. 195.

<i>Mouvement des pistons qui répondent aux puisards.</i>	198
<i>Manière de manœuvrer les chassis qui portent les pistons.</i>	199
<i>Développement des pompes aspirantes & refoulantes de la machine.</i>	Idem.
<i>Description & usage des 14 roues qui font jouer la machine.</i>	201
<i>Pompes provisionnelles, placées au-dessous du premier puisard.</i>	202
<i>Distribution des pompes de la machine.</i>	203
<i>Capacité des réservoirs de Marly & de Lucienne, avec le produit de la machine.</i>	Idem.

CHAPITRE V.

Qui comprend la description & l'analyse de la machine hydraulique appliquée au Pont Notre-Dame à Paris; le projet que l'on a exécuté pour la rectifier, afin de la rendre capable de fournir une plus grande abondance d'eau. 204

Discours préliminaire sur la police qu'observoient les Romains pour la conduite des eaux. Idem.
 Etablissements de la machine hydraulique, appliquée au Pont Notre-Dame à Paris. 207

Description de la machine appliquée au Pont Notre-Dame.	209.
Description d'un équipage du petit mouvement.	Idem.
Description d'un équipage du grand mouvement.	210
Les vannes & les roues de cette machine se haussent & se baissent par le moyen des crics.	Idem.
Le grand rouet reste toujours au même endroit, quoique l'on hausse ou baisse son axe.	211
Développement particulier des pompes refoulantes d'un équipage.	Idem.
Le diamètre des corps de pompe n'est pas le même dans tous les équipages de cette machine.	Idem.
Description de deux équipages de relais, pour suppléer à ceux qui viennent à chasser.	212
Dimensions des roues à aubes.	213
Vitesse des pistons des équipages du petit mouvement par rapport à celle de la roue.	Idem.
Vitesse des pistons des équipages du grand mouvement.	Idem.
Les pompes de cette machine ont trois défauts qui sont cause qu'elle ne fournit pas à beaucoup près la quantité d'eau qu'elle devoit donner.	214
Les défauts précédens contribuent à la destruction de la machine.	Idem.
Les roues de cette machine sont ordinairement deux tours par minute.	215
Quand cette machine sera rectifiée, elle fournira au moins le double de l'eau qu'elle élève ordinairement.	Idem.
Quand la machine sera rectifiée on pourra laisser prendre plus de vitesse aux roues, sans rien avoir à craindre de la précipitation des frottemens.	216
Expériences par lesquelles on prouve que les roues peuvent faire trois tours par minute.	Idem.
La rivière vient ordinairement rencontrer les aubes avec 8 pieds 9 pouces de vitesse par seconde.	217
Quand les roues seront trois tours par minute, leur vitesse sera à peu près le tiers de celle du courant.	Idem.
La puissance appliquée aux roues, est de 2308 liv.	Idem.
Chaque équipage élève une colonne d'eau du poids de 1955 liv.	218
Calcul de la force nécessaire pour mouvoir les deux équipages qui appartiennent à une même roue.	Idem.
Calcul par lequel on prouve que quand les pompes seront rectifiées, elles élèveront au moins 200 pouces d'eau.	219
Les roues qui sont à cette machine seroient bien plus parfaites, si elles n'avoient que six aubes au lieu de huit.	Idem.
Explication des nouvelles pompes qu'on a exécuté pour rectifier la machine appliquée au Pont Notre-Dame.	220.
Développement d'une nouvelle soupape.	Idem.
Le centre de mouvement de cette soupape est éloigné de son centre de grandeur de la douzième partie de son diamètre.	221
Cette soupape a un bras de levier égal à la douzième partie de son diamètre.	Idem.

<i>Les rebords des segmens de cette soupape sont dans un sens opposé.</i>	221
<i>Explication du jeu de cette soupape.</i>	Idem.
<i>Explication des figures qui facilitent l'intelligence des nouveaux corps de pompes.</i>	222
<i>Conditions qui peuvent rendre un piston accompli.</i>	223
<i>Description d'un nouveau piston refoulant fait selon les conditions précédentes.</i>	Idem.
<i>Description d'un piston aspirant, conditionné comme le précédent.</i>	224
<i>Les mesures qui déterminent les parties de la soupape & des pistons précédens, sont prises sur le diamètre du corps de pompe.</i>	225
<i>Manière de tracer les corps de pompes, leurs chapiteaux & le récipient.</i>	Idem.
<i>Disposition qu'il faut donner aux nouvelles pompes, lorsque les pistons refoulent de haut en-bas.</i>	226
<i>Les pompes pour les incendies devraient être faites dans le goût de celles de l'article précédent.</i>	228
<i>Explication des nouvelles pompes pour rectifier celles de la Samaritaine.</i>	Idem.
<i>Devis des nouvelles pompes pour la rectification de la machine appliquée au Pont Notre-Dame à Paris.</i>	Idem.

LIVRE QUATRIÈME.

Qui comprend la description de plusieurs belles machines pour élever l'eau ; la manière de la conduire & de la distribuer aux fontaines publiques, de la faire jaillir dans les jardins de plaisance, & de la conserver dans les réservoirs & bassins. 235

CHAPITRE I.

Où l'on donne plusieurs moyens pour élever aussi haut que l'on voudra l'eau d'une chute au-dessus de son niveau. *Idem.*

*D*iscours préliminaire, servant de suite au projet développé dans le Chapitre précédent. *Idem.*

Nouvelle machine imaginée par l'Auteur en cherchant la manière de faire monter l'eau à la Place de l'Estrapade. 237

Remarque sur l'action d'une chute d'eau appliquée à une machine. *Idem.*

Quand on a une source à mi-côte, ou vers le pied d'une montagne, on peut, moyennant cette machine, faire monter au sommet une partie des eaux de la source. 238

La même machine peut aussi servir dans une Ville à faire monter l'eau aux quartiers, dont le rez-de-chaussée seroit plus élevé que la source qui

TABLE.

xv

<i>fournis aux fontaines publiques.</i>	238
<i>L'on peut se servir des eaux d'une fontaine particulière, pour en faire monter dans un quartier supérieur à cette fontaine.</i>	239
<i>Idee générale de cette machine appliquée au cas précédent.</i>	Idem.
<i>L'eau des cuvettes du Poni Notre-Dame étant conduite à la fontaine saint Benoît, une partie peut de là être élevée sur l'Estrapade par l'action de la même machine.</i>	Idem.

Description & analyse d'une nouvelle machine, pour élever l'eau d'une chute au-dessus de la source. 240.

<i>Explication des principales parties de cette machine.</i>	Idem.
<i>Idee générale d'un nouveau robinet, d'où dépend le jeu de cette machine.</i>	Idem.
<i>Développement des parties du même robinet.</i>	Idem.
<i>Explication de ce qui appartient au petit corps de pompe.</i>	241
<i>Développement des pistons de cette machine.</i>	Idem.
<i>Le frottement de ces pistons est soulagé par des rouleaux, qui en facilitent le mouvement.</i>	242
<i>Explication du jeu de cette machine.</i>	Idem.
<i>Description du régulateur qui donne le mouvement au robinet.</i>	243
<i>De quelle manière les pistons font jouer le régulateur.</i>	244
<i>Preuve de l'exactitude du mouvement du régulateur.</i>	245
<i>L'action du régulateur fera faire exactement au robinet deux quarts de révolution opposée.</i>	246
<i>Des dimensions de cette machine dépendent de cinq choses principales.</i>	Idem.

Quelles sont les mesures que l'on doit suivre pour construire cette machine dans le cas où l'on voudroit faire monter l'eau d'une fontaine, dans une cuvette beaucoup plus élevée que la sienne. Idem.

Le gros piston de cette machine n'est poussé par l'eau de la chute qu'avec une force relative. 247

Les cercles du gros & du petit piston doivent être dans la raison réciproque de la chute réduite, & de la hauteur où on veut élever l'eau. Idem.

La quantité d'eau qui montera, est à celle qui pousse le gros piston réciproquement comme la hauteur où on veut élever l'eau, est à celle de la chute réduite. Idem.

Rapport de la dépense totale de la source, à la quantité d'eau qui montera. 248

Le diamètre du gros piston étant donné, trouver celui du petit. Idem.

La machine exécutée selon ce qui précède, élèvera à 50 pieds d'eau muids d'eau par heure. Idem.

Il faut que la vitesse des pistons soit réglée sur le tems qu'il faudra au gros corps de pompe pour se vider. Idem.

Preuve pour faire voir que l'eau qui doit s'évacuer du gros corps de pompe, ne sera point un obstacle au jeu du piston. 249

L'action de la chute précipitera l'évacuation du gros corps de pompe. Idem.

Preuve pour faire voir que le jeu de la machine ne sera point retardé par aucun obstacle. 249.

Le mouvement de la machine sera bien réglé, quand le régulateur fera 24 vibrations par minute. 250.

La chute doit être mesurée depuis l'axe des pistons jusqu'au fond de la cuvette. Idem.

L'on peut, en faisant un tuyau coudé, qui aboutisse au petit corps de pompe, refouler l'eau le long d'un plan incliné, si on n'a pas la commodité de l'élever verticalement. Idem.

Il faut un tuyau de décharge pour conduire l'eau de la source dans la cuvette inférieure, quand on veut arrêter la machine. Idem.

Les dimensions des parties de cette machine, de même que les épaisseurs des pièces de fonderie & de fer qui la composent, se trouveront avec le secours des échelles. 251.

L'on peut, dans un même endroit, faire jouer plusieurs machines telles que celle-ci, pour élever ensemble une grande quantité d'eau. Idem.

Réflexion sur le sentiment qu'on pourra avoir de cette machine. Idem.

Discours sur la machine imaginée par Messieurs Denisard & de la Dueille, & le jugement que l'Académie Royale des Sciences en a porté. 251 & 252.

Description de la machine inventée par Messieurs Denisard & de la Dueille, 252.

Description de cette machine telle que les Auteurs l'ont donnée. Idem.

Explication des soupapes qui ont lieu dans cette machine. 253.

A quoi se réduit le jeu de la même machine. Idem.

Observations sur les dimensions qu'il faut donner aux pistons, par rapport à la hauteur de la chute, & à celle où on veut élever l'eau. 254.

Nouvelle disposition que les Auteurs ont donnée aux parties de la machine, pour la rendre capable de faire monter l'eau continuellement. Idem.

Description de la machine à chapelets, imaginée par Monsieur Francini. 256.

Quelle doit être la figure & la disposition des godets du grand & du petit chapelet. Idem.

Explication du jeu de cette machine. 257.

Le rapport de la capacité des godets du grand & du petit chapelet, doit se régler sur celui qui est entre la chute & la hauteur où on veut élever l'eau. Idem.

Autre manière d'élever une partie de l'eau d'une source quand on a une chute. 258.

Explication du jeu de cette machine. 259.

De quelle manière l'on peut faire que l'eau monte plus haut que la chute. Idem.

Messieurs de la Société Royale de Londres envoient à l'Auteur de la machine de M. Bucken. 260.

Description

TABLE.

xvij

Description de la machine rectifiée en Angleterre par M. Bücket.	260.
Explication du jeu de cette machine.	262
Conclusions sur ce qui regarde cette machine.	264

CHAPITRE II.

De l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite.

L'Eau qui est conduite dans un siphon ne peut entrer par une branche & sortir par l'autre, que l'orifice de la première ne soit plus élevé que celui de la seconde. 265

A quoi il faut avoir égard quand on veut conduire l'eau par des tuyaux. Idem.

Formule pour connoître la dépense d'un tuyau, dont on a le diamètre & la vitesse de l'eau. Idem.

Connoissant le diamètre & la dépense d'un tuyau, trouver la vitesse de l'eau; ensuite connoissant la dépense & la vitesse de l'eau, trouver le diamètre du tuyau. 266

Explication de la figure relative à la théorie suivante. Idem.

Formule pour déterminer le rapport qu'il doit y avoir entre les branches de chasse & de fuite, relativement à la dépense du tuyau. Idem.

Connoissant la hauteur des branches de chasse & de fuite, trouver la vitesse de l'eau que dépensera cette dernière. 267

Connoissant la vitesse de l'eau à la sortie de la branche de fuite, & la hauteur de cette branche, trouver celle de la branche de chasse. Idem.

Les hauteurs des branches de chasse & de fuite, doivent avoir entr'elles un certain rapport déterminé, pour que le tuyau de conduite élève le plus d'eau à la plus grande hauteur. Idem.

Pour que la plus grande hauteur réponde à la plus grande dépense, il faut que la hauteur de la branche de fuite ne soit que les quatre neuvièmes de celle de chasse. 268

Quand la plus grande hauteur répond à la plus grande dépense, cette dépense n'est que le tiers de celle de la source. Idem.

Connoissant la dépense d'une source, la chute & le diamètre du tuyau de conduite, savoir à quelle hauteur toute l'eau peut être élevée. Idem.

Connoissant la hauteur où l'eau doit être élevée, & sa vitesse à la sortie de la branche de fuite, on demande la hauteur de la branche de chasse. 269

Les branches de chasse & de fuite étant données, de le diamètre du tuyau de conduite; on demande quelle pourroit être la dépense de ce tuyau. Idem.

Connoissant la hauteur des branches de chasse & de fuite, & la dépense de la source, on demande quel doit être le diamètre du tuyau de conduite, pour qu'il soit capable de la dépense donnée. 270

Attention qu'il faut avoir dans la pratique, pour que les regles précédentes aient lieu. Idem.

Remarques sur l'action de l'eau qui coule dans des tuyaux de conduite. Id.

Quelle est la nature des frottemens de l'eau dans les tuyaux de conduite.	271
Les frottemens de l'eau dans les tuyaux, en retardent la vitesse, selon l'ordre des termes d'une progression arithmétique.	272
Formule pour trouver la vitesse retardée de l'eau dans les tuyaux de conduite.	Idem.
Dans une conduite extrêmement longue, les frottemens pourroient altérer la vitesse de l'eau, jusqu'à la rendre nulle.	273
La vitesse de l'eau peut être encore beaucoup retardée par les coudes & les cascades qui se rencontrent dans les conduites. Expérience de M. Couplet sur ce sujet.	274
Ceux qui ont écrit sur le mouvement des eaux, se sont trompés, en exprimant la vitesse de celle qui devoit couler dans les tuyaux de conduite, par la racine quarrée de la hauteur de la charge.	Idem.
L'on mérito plus d'excuse que de blâme, lorsqu'on se trompe sur des sujets qui ne sont pas de pure Géométrie, & quand on ne fait que suivre ce qui a déjà été établi par des Auteurs celebres.	275
Extrait du Memoire de Monsieur Couplet sur la mesure des eaux.	Idem.
Expérience de Monsieur Couplet sur la mesure des eaux qui coulent dans des tuyaux de conduite.	277.
Détail des nivellemens qui appartiennent au premier profil.	Idem.
Première expérience au sujet du premier profil.	279
Seconde expérience sur le même.	280
Troisième expérience sur le même.	Idem.
Resultats des expériences précédentes.	Idem.
Analgies, calculs & conséquences de Monsieur Couplet, au sujet de la première expérience.	282
Remarques sur les expériences faites au sujet du premier profil.	283.
Examen de la manière dont la première expérience a été faite.	Idem.
Calculs par lesquels l'on trouve que pour la première expérience, la dépense effective doit être à la dépense naturelle, comme 4 est à 13, & non pas comme 1 est à 30.	284
Calcul pour la seconde expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 5 est à 24.	285
Calcul pour la troisième expérience, où l'on trouve que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 1 est à 5.	Idem.
Détail du nivellement relatif au second profil.	286
Première expérience au sujet du second profil.	Idem.
Seconde expérience sur le même.	287
Conclusions des deux expériences précédentes.	Idem.
Resultats des calculs de M. Couplet sur les mêmes expériences.	Idem.
Reflexions sur les obstacles que l'eau rencontre dans les tuyaux de conduite.	288
Remarques sur les expériences du second profil.	Idem.
Calcul par lequel on trouve que dans la première expérience du second	

T A B L E.

xix

profil, la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 12 est à 11; ce qui rend cette expérience susceptible d'erreur. 288

Calcul de la seconde expérience, par lequel on trouve que dans la première expérience du second profil, la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 42 est à 43. 289

Réflexion sur la cause d'une aussi petite différence. Idem.

Détail des nivellemens du troisième profil. 290

Première expérience sur le même. 293

Seconde expérience sur le même. Idem.

Troisième expérience sur le même. Idem.

Quatrième expérience sur le même. 294

Cinquième expérience sur le même. Idem.

Sixième & septième expériences sur le même. Idem.

Observations sur les expériences précédentes. 295

Remarques sur les expériences qui appartiennent au premier profil. Idem.

Calcul sur la première expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 1 est à 2. Idem.

Calcul sur la seconde expérience, qui montre que la dépense effective est à la dépense naturelle, comme 5 est à 6. 296

Calcul sur la troisième expérience, d'où l'on déduit que la dépense naturelle est à la dépense effective comme 11 est à 17. Idem.

Calcul de la quatrième expérience qui donne le rapport de 9 à 16 pour celui de la dépense effective à la dépense naturelle. 297

Calcul de la cinquième expérience, d'où l'on déduit que la dépense naturelle est à la dépense effective, comme 5 est à 9. Idem.

Le calcul de la sixième expérience donne le même résultat que celui de la première, parce que les vitesses de l'eau se trouvent égales. 298

La septième expérience n'étant qu'une répétition de la première, le résultat en est encore le même. Idem.

Détail du nivellement du quatrième profil. Idem.

La charge, pour les expériences qui ont été faites sur ce profil, étoit de 12 pieds 1 pouce 3 lignes. 299

Expérience faite sous la charge précédente, avec un tuyau de 18 pouces de diamètre. Idem.

Autre expérience faite sous la même charge, d'où l'on déduit la dépense d'un tuyau de 12 pouces de diamètre. 300

Remarques sur les expériences qui appartiennent au quatrième profil. Idem.

Résultat du calcul de M. Couplet sur la première expérience du quatrième profil. Idem.

Calcul sur la première expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle comme 7 est à 18, & non pas comme 934 est à 5004. 301

Calcul de la seconde expérience, d'où l'on déduit que la dépense effective est à la dépense naturelle comme 7 est à 11. Idem.

Détail des nivellemens du cinquième profil. 302

c ij

<i>Première expérience faite sur la conduite du cinquième profil.</i>	304
<i>Seconde expérience faite sur la même conduite.</i>	305
<i>Observations sur la conduite du cinquième profil.</i>	Idem.
<i>Effet singulier de l'air canonné dans les tuyaux de conduite.</i>	306
<i>Remarques sur les expériences qui appartiennent au cinquième profil.</i>	Idem.
<i>Calcul sur la première expérience, d'où il résulte que la dépense effective est à la dépense naturelle dans le rapport de 11 à 18.</i>	Idem.
<i>Calcul pour la seconde expérience, d'où il résulte que la dépense effective est à la dépense naturelle dans le rapport de 3 à 19.</i>	307
<i>Raison qui fait voir pourquoi le déchet est plus grand dans la seconde expérience que dans la première.</i>	Idem.

C H A P I T R E I I I .

Des machines pour tirer l'eau des puits forts profonds, principalement de celles qui sont mues par l'action du feu.

<i>O</i> rigine des machines à feu, selon M. Papin.	308
<i>M. Savery est un des premiers qui ait travaillé sur cette matière, de l'aveu même de M. Papin.</i>	309
<i>La machine de M. Savery est incomparablement plus parfaite que celle de M. Papin.</i>	Idem.
<i>M. Amontons a aussi travaillé au moyen de se servir du feu pour faire agir des machines.</i>	310
<i>Discours de M. Amontons, qui prouve qu'avant le commencement de ce siècle on ne s'étoit point encore servi du feu avec succès, pour faire agir des machines.</i>	Idem.
<i>M. Savery est le premier qui soit parvenu à faire jouer régulièrement une machine par le moyen du feu; & on ne peut disputer aux Anglois le mérite de cette invention.</i>	Idem.
<i>Idee générale du mécanisme des machines à feu.</i>	311
<i>Explication du balancier, qui fait une des principales parties de la machine.</i>	312
<i>Le balancier est accompagné de deux peües jantes, dont l'une fait agir le régulateur avec le robinet d'injection, & l'autre une pompe résoutante.</i>	Idem.
<i>Explication des pompes aspirantes qui élèvent successivement l'eau du puits.</i>	Idem.
<i>Situation du balancier lorsque la machine ne joue pas.</i>	313
<i>Le mouvement du balancier est limité par des chevrons à ressorts, & qui en amortissent la violence.</i>	Idem.
<i>Description du cylindre avec ses dimensions.</i>	314
<i>La surface du cylindre est percée de deux trous opposés, pour deux causes essentielles.</i>	Idem.
<i>Description du fond du cylindre.</i>	Idem.

TABLE.

xxj

L'eau d'injection, s'évacue par le fond du cylindre.	Idem.
Description du piston qui joue dans le cylindre.	Idem.
De quelle manière l'eau de la cuvette d'injection s'introduit dans le cylindre.	315
Description de la chaudière qui compose le fond de l'alambic.	Idem.
Description du chapiteau de l'alambic.	Idem.
Explication des parties qui appartiennent au régulateur.	316
Situation de l'alambic & du fourneau dans le bâtiment qui renferme la machine.	Idem.
Au-dessus du chapiteau de l'alambic est une venouse pour laisser échapper la vapeur quand elle est trop forte.	317
Usage de deux tuyaux pour éprouver la hauteur de l'eau dans l'alambic.	Idem.
De quelle manière on évacue la vapeur de l'alambic pour arrêter la machine.	318
Usage d'un réservoir provisionnel pour fournir l'eau à l'alambic.	Idem.
De quelle manière l'eau d'injection sort du cylindre.	Idem.
Une partie de l'eau d'injection passe dans l'alambic pour suppléer au déchet que cause la vapeur.	319
De quelle manière se fait cette opération.	Idem.
L'on peut aussi introduire dans l'alambic de l'eau de la coupe.	Idem.
Détail des pièces qui font jouer le régulateur.	320
De quelle manière le mouvement se communique au régulateur.	Idem.
Détail des pièces qui appartiennent au robinet d'injection.	321
Explication du mouvement qui fait agir le robinet d'injection.	Idem.
Conclusion sur le jeu du régulateur & celui du robinet d'injection.	Idem.
Explication de la manœuvre que l'on exécute pour commencer à faire jouer la machine.	322
Le mouvement de la machine doit être réglé, de manière qu'elle ne produise que 15 impulsions par minute.	Idem.
Conjecture sur la manière dont se forme la vapeur.	Idem.
Existences de M. Desaguliers sur la force de la vapeur de l'eau bouillante.	323
Calcul de la puissance qui fait agir cette machine.	Idem.
La puissance doit être au poids comme 6 est à 5, pour prévenir tout inconvénient.	324
Quand la machine produit 15 impulsions par minute, elle épuise 155 muids d'eau par heure, élevée à 46 toises.	Idem.
Cette machine produit quatre fois plus d'effet que 50 chevaux dirigés par 20 hommes appliqués à une machine ordinaire.	324
Quelle est la quantité de charbon ou de bois nécessaire pour l'entretien du fourneau pendant 24 heures.	Idem.
Conclusion sur l'excellence de cette machine.	Idem.
Cette machine peut aussi servir à élever l'eau aussi haut que l'on voudra au-dessus de l'horizon.	325
La théorie des machines à feu, à l'égard du calcul de leurs effets, est la même que celle des pompes mues par un courant.	Idem.

<i>Formule générale pour déterminer les dimensions des principales parties des machines à feu.</i>	325
<i>L'on peut rendre la formule précédente plus simple pour les principaux cas où l'on en peut faire usage.</i>	326
<i>Déterminer le diamètre du cylindre, en connoissant celui du piston des pompes, & la hauteur où l'on veut élever l'eau.</i>	327
<i>Trouver le diamètre des pompes, en connoissant la hauteur où elles doivent élever l'eau, & le diamètre du cylindre.</i>	Idem.
<i>Le diamètre du cylindre étant donné, & celui des pompes, connoître la hauteur où l'eau pourra être élevée.</i>	Idem.
<i>La grandeur du récipient doit être proportionnée à la grosseur du cylindre, afin d'avoir une quantité de vapeur suffisante pour le jeu de la machine.</i>	327
<i>La machine de M. Papin, quoiqu'inférieure à celle de M. Savery, peut avoir son utilité en la perfectionnant.</i>	328
<i>Description de la machine de M. Papin.</i>	Idem.
<i>Explication du jeu de cette machine.</i>	329
<i>Explication du puits par lequel on tire le charbon des mines de Fresnes.</i>	331
<i>Les chevaux qui élevent le charbon, peuvent aussi en même tems épuiser les eaux de la mine.</i>	Idem.
<i>Autre manière de faire mouvoir des pompes placées dans un puits.</i>	332
<i>On peut se servir de la force du courant pour épuiser l'eau des mines.</i>	Idem.
<i>Manière de tirer l'eau des puits domestiques, exécutée au Château d'Ares.</i>	Idem.
<i>Autre manière plus simple, en usage dans les Pays-Bas.</i>	333
<i>Description d'une machine pour le même usage, exécutée au Château de Guise.</i>	Idem.
<i>Application du timpan pour tirer l'eau d'un puits.</i>	334
<i>Description de la machine, dont on se sert proche d'Angers, pour épuiser l'eau des carrières d'Ardoises.</i>	Idem.
<i>Machine pour tirer l'eau d'un puits, exécutée à Saint Quemin.</i>	335
<i>De quelle manière l'on tire, en Espagne, l'eau des puits pour arroser les jardins.</i>	Idem.
<i>Description d'un moulin à chapelet, pour tirer l'eau d'un puits.</i>	336
<i>Description d'une machine mue par un poids, pour élever l'eau avec un chapelet.</i>	Idem.
<i>De quelle manière l'on peut se servir des pompes aspirantes & refoulantes pour élever l'eau d'un puits beaucoup au-dessus du rez-de-chauffée.</i>	337

CHAPITRE IV.

De la recherche, conduite & distribution des eaux.

<i>Opinions des Philosophes sur l'origine des fontaines.</i>	339
<i>La cause des fontaines est attribuée avec beaucoup de vrai-semblance aux eaux de pluie & à la fonte des neiges.</i>	Idem.
<i>Remarques de M. Mariotte pour confirmer cette opinion.</i>	340

T A B L E.

Expérience de M. le Maréchal de Vauban sur ce sujet.	xxliij
Dans quel tems il faut faire la recherche des eaux souterraines, & la maniere de découvrir les sources.	340
Discours sur la baguette divinatoire.	Idem.
Jacques Aymar a beaucoup contribué à donner du crédit à la baguette.	341
Jacques Aymar est pris pour dupe par Messieurs de l'Academie Royale des Sciences, qui le convainquent de son imposture.	342
Vertu singulière qu'on prétend qu'a eu la baguette entre les mains d'une fille de Grenoble.	343
Maniere de tenir la baguette pour la faire tourner à souhait en quel qu'endroit que ce soit.	Idem.
Explication Physique, des versans de la baguette, par le Pere Regnaud, Jésuite.	344
Histoire d'une dent d'or qui a fait beaucoup de bruit en Allemagne pendant plusieurs années, & qu'on peut mettre au nombre des merveilles que l'on debite sur la baguette.	345
Il seroit à souhaiter qu'on écrivit l'Histoire des préjugés vulgaires pour faire revenir le Public des erreurs que cause l'amour du merveilleux.	Idem.
Plusieurs manieres de connoître les bonnes & mauvaises qualités de l'eau.	346
Maniere de rassembler les eaux de sources par des tranchées de recherches.	Idem.
Constructions de pierrées, servant à recevoir & à conduire les eaux de sources.	347
Il faut pratiquer des puisards de distance en distance dans le fond des tranchées pour purifier l'eau.	Idem.
Après avoir poussé le canal de pierrée aussi loin que vont les filtrations, l'on continue la conduite avec des tuyaux.	348
Maniere de se servir des tuyaux de bois.	Idem.
Maniere de se servir des tuyaux de grès.	Idem.
Usage des tuyaux de fer.	349
Epaissurs des mêmes tuyaux, leur poids & leur prix par toise, selon leur diamètre.	350
Il faut le long des conduites pratiquer des regards & des ventouses.	351
Il s'engendre des racines dans les tuyaux, & il s'y forme des pétrifications. Moyens de remédier à ces inconveniens.	352
Il y a des occasions où on ne peut se dispenser de loger les tuyaux dans des aqueducs souterrains.	353
Description de l'aqueduc d'Arcueil.	Idem.
Description de l'aqueduc de Roquancourt.	354
Des aqueducs élevés par des arcades, entre autres de celui de Maintenon, & de celui qui est élevé dans la plaine de Bur.	Idem.
Quelle est la moindre pente que l'on peut donner aux rigoles.	355
De la maniere de conduire la pente des rigoles.	Idem.
De la maniere de conduire & de diriger les eaux aux différens quartiers d'une Ville.	356
Il convient de rassembler toutes les eaux dans un même endroit, pour	357.

en faire la distribution générale.

357

Attentions qu'il faut avoir pour soutenir les eaux à la plus grande hauteur qu'il est possible.

Idem.

Description des cuvettes du château d'eau de la machine appliquée au Pont Notre-Dame.

358

Distribution générale des eaux qui partent du château d'eau du Pont Notre-Dame.

359

Explication des cuvettes particulières qui conviennent aux fontaines publiques.

360

L'eau de chaque fontaine doit être reçue dans un réservoir, avant sa sortie pour le public.

361

De quelle manière l'on fait jaillir, quand on veut, l'eau d'une fontaine pour la recevoir en-dehors de la cage.

362

Disposition de la décharge de superfluité.

Idem.

De quelle manière les tuyaux descendans se partagent à la sortie de la fontaine.

363

Dans les grandes Villes il faut, lorsqu'on veut élever l'eau d'une rivière, avoir deux machines séparées, dont l'une puisse agir au dessus de l'autre, & que les fontaines puissent donner de l'eau réciproquement.

Idem.

Plusieurs fontaines à Paris reçoivent indifféremment de l'eau de source, & de l'eau de rivière.

364

Description d'une cuvette propre à cet usage.

Idem.

Précaution qu'il faut prendre pour sûreté avantageusement les fontaines publiques.

Idem.

De quelle manière les cuvettes des fontaines doivent être conduites pour distribuer commodément les eaux.

365

Dissertation sur le ponce d'eau des Fontainiers.

366

Expérience de M. Mariotte, par laquelle il a voulu déterminer la valeur du ponce d'eau.

367

La valeur du ponce d'eau n'a point encore été fixée par aucune loi ni ordonnance; il seroit à souhaiter qu'on sût à quoi s'en tenir.

368

De quelle manière l'on distribue dans Paris l'eau des fontaines publiques; inconvemens de la méthode qui est en usage à cet égard.

Idem.

Le ponce d'eau estimé de 14 pintes n'est pas commode pour les jauges.

Quelle est la valeur qui lui conviendrait le mieux.

369

Inconvemens de changer la valeur du ponce d'eau.

370

Les dépenses des jauges circulaires ne sont pas dans la raison des carrés de leur diamètre.

371

Inconvemens des jauges circulaires, dont les centres sont placés sur une même ligne horizontale.

Idem.

De quelque manière que l'on situe les jauges circulaires, leurs dépenses ne seront jamais proportionnées aux carrés de leur diamètre.

372

La seule manière de bien faire les jauges est de leur donner une figure rectangulaire.

Idem.

Quelle est la charge & les dimensions qu'il convient de donner à une jauge rectangulaire, pour dépenser un ponce d'eau.

373

Preuve pour faire voir qu'un puits vertical de 3 pouces de base sur 4 li-

gnes

TABLE.

xxv

de hauteur, dépensera un pouce d'eau, lorsque son niveau sera un peu au-dessus du bord supérieur.	373
Manière de déterminer la grandeur des jauges, dont la dépense est moindre que celle d'un pouce.	Idem.
La grandeur des jauges ne peut être déterminée exactement que par des expériences.	374
Il faut que les petites jauges soient éloignées des grandes, pour que la dépense des premières ne soit point altérée.	Idem.
Les jauges rectangulaires doivent être fermées par des petites vannes à coulisse.	375
A quelle hauteur au-dessus du fond des cuvettes les jauges doivent être pratiquées.	Idem.
Il faut, dans les fontaines publiques, établir les cuvettes à la plus grande hauteur qu'il est possible.	Idem.
Manière de déterminer par le calcul l'élévation des cuvettes par rapport à celle de la source.	376
De quelle manière on peut, par des expériences, trouver la véritable élévation des cuvettes, pour que la dépense effective soit égale à la dépense naturelle.	Idem.
Il est essentiel de faire les tuyaux de conduite plus gros qu'ils ne doivent être pour avoir égard aux nouvelles fontaines qu'on voudroit construire dans la suite des tems.	377
Manière de bien construire les réservoirs destinés aux fontaines publiques.	Idem.
Les réservoirs qui sont soutenus en l'air doivent être isolés & entretenus par une carcasse de charpente.	378
Fabrique des tuyaux de plomb & leur préférence à ceux de fer, lorsqu'ils sont employés sous le pavé des rues.	Idem.
Il convient que les Villes aient des moules en propre pour la construction des tuyaux de plomb.	379
De 50 toises en 50 toises il faut faire des regards, robinets & puits de long des conduites.	380
Manière de découvrir les fuites des conduites, lorsqu'il n'en paroît pas de signes extérieurs.	381
Quand les tuyaux de conduite suivent des pentes & contre-pentes, il les faut accompagner de ventouses.	382
Indépendamment des regards qu'il faut pratiquer dans les lieux bas, il convient d'en avoir aussi au sommet des pentes, d'où l'on puisse tirer de l'eau pour éteindre les incendies.	Idem.
Ordre que l'on doit observer pour faire un bon usage des regards & robinets destinés aux incendies.	383
Les réservoirs, qui sont dans les maisons des Concessionnaires peuvent être d'un grand secours pour éteindre les incendies.	384
A Paris les eaux sont divisées en deux départemens séparés, l'un pour celles des maisons Royales, & l'autre pour celles du Public.	Idem.
Maximes générales sur ce qui peut appartenir à la conduite des eaux publiques.	385

Il est peu de gens capables de bien diriger les Ouvrages qui ont rapport	387
aux publiques.	Idem.
Discours préliminaire sur la décoration des fontaines publiques.	Idem.
Les situations différentes qui conviennent aux fontaines publiques, se réduisent à trois.	Idem.
Explication des façades de trois fontaines, exécutées à Paris.	387
Explication des trois nouveaux desseins pour la décoration des fontaines publiques, convenables aux situations précédentes.	Idem.
L'on peut éloigner, autant qu'on le jugera nécessaire, la façade des fontaines, de la cage où seront renfermés la cuvette de distribution & les tuyaux descendants.	388

CHAPITRE V.

De la maniere de distribuer & de diriger les eaux jaillissantes pour la décoration des jardins.

D iscours préliminaire sur la décoration des jardins de plaisance.	389
Quelles sont les principales pieces d'eau qui peuvent entrer dans la décoration des jardins.	Idem.
Quelle est la meilleure situation qu'on peut donner aux jets d'eau.	390
De la grandeur qu'il convient de donner aux bassins.	Idem.
Définition des gerbes d'eau.	391
Description de plusieurs bassins du jardin de Versailles.	Idem.
Des nappes d'eau & de leur dépense.	392
Définition des fontaines pour la décoration des jardins.	Idem.
Définition des champignons d'eau.	393
Définition des bûchers d'eau.	Idem.
Définition des berceaux d'eau.	394
Définition des arbres d'eau.	Idem.
Définition des cascades.	Idem.
Exposition des cascades des jardins de Saint Cloud & de Sceaux.	395
L'on fait un pallier dans le milieu des grandes cascades, lorsqu'elles ont beaucoup de hauteur.	Idem.
On accompagne les cascades d'un grand nombre de petits jets d'eau.	Idem.
Emplacement des cascades.	396
Définition des arcs de triomphe & pyramides d'eau.	Idem.
Définition des théâtres d'eau.	397
Théâtre & grotte d'eau exécutés à Frescati, superbe Palais près de Rome.	Id.
Courte description des pieces d'eau d'un magnifique jardin près de Cassel en Allemagne.	Idem.
Conclusions sur les différens morceaux qui peuvent convenir à la décoration des jardins.	398
Les jets d'eau ne vont point à la hauteur de leur réservoir.	399
Les défauts des jets sont dans la raison des quarrés des hauteurs des mêmes jets. Experience sur ce sujet.	Idem.

T A B L E.

La hauteur d'un jet étant donnée, trouver celle de son réservoir.	xxvij
Table pour la hauteur des jets & des réservoirs.	359
Theorie pour le calcul de la quatrième colonne de la table.	Idem.
Remarque où l'on fait voir que la règle, pour le défaut des jets, n'a pas lieu dans toutes sortes de cas.	400
Exemple relatif à l'article précédent.	Idem.
Pourquoi il faut que le diamètre de l'ajutage soit beaucoup plus petit que celui de la conduite.	Idem.
	401

Première Table. De la hauteur des jets d'eau, relativement à celle de leurs réservoirs. Page 402.

Expérience de M. Mariotte sur la dépense des jets d'eau, relativement à la hauteur du réservoir, aux diamètres de la conduite & de l'ajutage. 402

Manière de déterminer le diamètre des ajutages, en égard à la dépense du jet. Idem.

Usage d'une table pour connaître la dépense des jets, en égard à la hauteur de leurs réservoirs. 404

Connaissant la hauteur du réservoir & le diamètre de l'ajutage, trouver la dépense du jet. Idem.

Connaissant le diamètre de l'ajutage, & la dépense du jet, trouver sa hauteur. 405

Quand les tuyaux de conduite sont trop étroits, les jets ne dépensent pas selon la proportion de la hauteur de leurs réservoirs. Idem.

Connaissant la hauteur d'un jet & le diamètre de son ajutage, trouver ce qu'il dépense. Idem.

Il faut que les carrés des diamètres des tuyaux de conduite, soient entre eux comme les racines des hauteurs des réservoirs. Idem.

Seconde Table, qui comprend la dépense en pintes des jets d'eau par minute. page 406.

Suite de la Table pour la dépense des jets d'eau. page 407 & 408.

Manière de déterminer les diamètres des tuyaux de conduite, en égard à la dépense des jets. 409

Usage d'une table pour la proportion des diamètres des tuyaux de conduite. Idem.

Connaissant la hauteur du réservoir & le diamètre de l'ajutage, trouver celui du tuyau de conduite. Idem.

La hauteur du réservoir étant donnée & le diamètre du tuyau de conduite, trouver celui de l'ajutage. Idem.

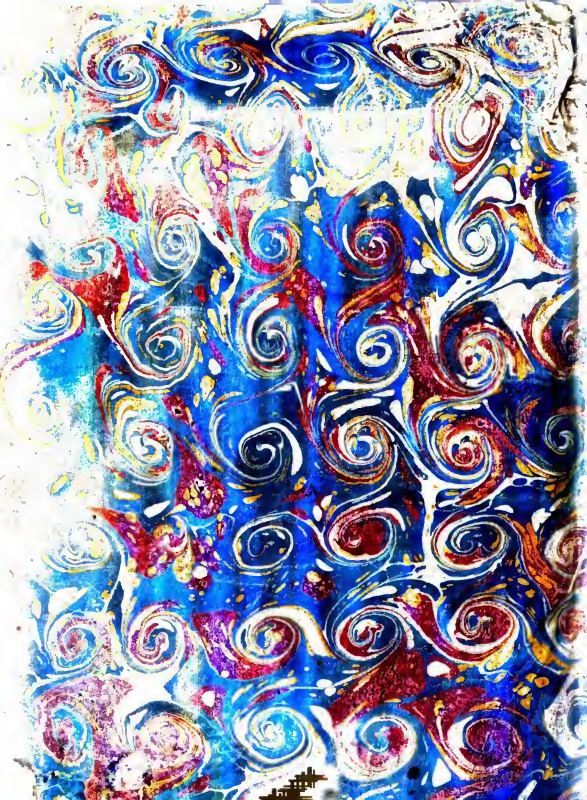
Troisième Table, qui comprend les diamètres des tuyaux de conduite, & ceux des ajutages, relativement à la hauteur des réservoirs. 410.

Connaissant la hauteur d'un jet & le diamètre de son ajutage, trouver celui du tuyau de conduite. 411

Manière de faire usage des trois tables à la fois. Idem.

<i>De la figure la plus avantageuse qu'il convient de donner aux ajutages.</i>	412
<i>Des rameaux ou branches qui aboutissent à une conduite principale.</i>	413
<i>Manière de tirer plusieurs rameaux d'un tuyau principal.</i>	Idem.
<i>Il y a des cas où l'on ne donne point aux jets toute la hauteur qu'ils pourroient atteindre.</i>	Idem.
<i>Des robinets, regards & ventouses qu'il convient de faire aux tuyaux de conduite.</i>	414
<i>Dans bien des cas les eaux machinales sont préférables à celles qui viennent des sources.</i>	Idem.
<i>Des réservoirs qui contiennent l'eau destinée à la distribution générale pour la décoration d'un jardin.</i>	415
<i>De quelle manière l'on doit construire les bassins pour être bien ébranchés.</i>	416
<i>Il faut que les bassins aient une décharge de fond, & une de superficie; accompagnés d'un regard.</i>	417
<i>Qualité & préparation de la glaise pour les bassins.</i>	Idem.
<i>On ne fait point de plate-forme de maçonnerie aux grands bassins & aux réservoirs.</i>	418
<i>Manière de construire les citernes pour conserver l'eau des pluies.</i>	Idem.
<i>Problème pour déterminer l'épaisseur qu'il faut donner aux murs qui doivent soutenir la poussée de l'eau.</i>	420
<i>On peut faire abstraction de la longueur des murs qui soutiennent la poussée de l'eau pour ne considérer que leur profil.</i>	Idem.
<i>Le poids d'un certain volume de maçonnerie est à celui d'un égal volume d'eau dans le rapport de 12 à 7.</i>	421
<i>Formule pour déterminer l'épaisseur des murs qui, n'ayant point de talud, soutiennent l'eau sur toute leur hauteur.</i>	422
<i>Autre formule pour trouver l'épaisseur des murs dont la hauteur surpasse celle de l'eau.</i>	Idem.
<i>Formule pour trouver l'épaisseur du sommet des murs qui ont un talud extérieur, & qui soutiennent la poussée de l'eau dans l'état d'équilibre.</i>	Idem.

Fin de la Table.



REALE OFFICIO TOPOGRAFICO

III Armadio .



A Scansia 1774

N.º 16

